

Tielaitos

Juha Parantainen

Tien suuntauksen suunnittelu

**Tielaitoksen
selvityksiä**

28/1992

Helsinki 1992

**Tiehallitus
Tiensuunnittelu**

Tielaitoksen selvityksiä
28/1992

Juha Parantainen

Tien suuntauksen suunnittelu

Tielaitos
Tiehallitus, tiensuunnittelu

Helsinki 1992

ISBN 951-47-5511-1

ISSN 0788-3722

TIEL 3200083

Valtion painatuskeskus

Pasilan VALTIMO

Helsinki 1992

Julkaisua myy

Tiehallitus, painotuotevarasto

Tielaitos

Tiehallitus

Opastinsilta 12 A

PL 33

00521 HELSINKI

ALKUSANAT

Tämä oppikirja sisältää perustiedot maaseudun teiden suuntauksen suunnittelusta ja poikkeileikkauksen valinnasta. Kirjassa käydään läpi koko suunnitteluprosessi alustavien suuntausvaihtoehtojen vertailusta tien geometrisen muodon yksityiskohtaiseen suunnitteluun. Kirja on tarkoitettu Teknillisen korkeakoulun tiensuunnittelun oppimateriaaliksi, mutta soveltuu myös muiden aiheesta kiinnostuneiden käyttöön.

Kiitän työtovereitani tielaitoksessa, jotka ovat lukeneet käsikirjoituksen ja kommentteillaan rikastuttaneet oppikirjan sisältöä. Erityismaininnan ansaitsee suunnittelupäällikkö *Veikko Hakola*, jonka asiantuntevat ja pitkään suunnittelukokemukseen perustuvat huomautukset ovat olleet kirjoittajalle erittäin arvokkaita. Jatko-opintojeni ohjaaja vs. professori *Veijo Pelkonen* on kirjoitustyön kuluessa aika ajoin keskustellut kanssani ja auttanut syntyneiden ongelmien ratkaisemisessa, mistä hänelle kiitos!

Järvenpäässä huhtikuun 27. päivänä 1992

Juha Parantainen

SISÄLLYSLUETTELO

1. SUUNNITTELUN TYÖVAIHEET	7
1.1. Tiepoliittinen päätöksentekojärjestelmä	7
1.2. Asteittain tarkentuva suunnittelu	8
1.3. Suunnittelun organisointi	11
2. TEIDEN LUOKITTELU	12
2.1. Yleistä	12
2.2. Tieluokat Suomessa	15
3. AJOTEKNISET PERUSARVOT	16
4. TIEN POIKKILEIKKAUS	20
4.1. Yleistä	20
4.2. Poikkileikkauksen vaikutus tien liikenneteknisiin ominaisuuksiin	21
4.2.1. Poikkileikkauksen osien nimitykset	21
4.2.2. Ajoina	21
4.2.3. Pientareet	22
4.2.4. Keskikaista	22
4.2.5. Tien lähiympäristö	24
4.2.6. Lisäkaistat	25
4.2.7. Kevyen liikenteen väylä	29
4.3. Poikkileikkauksen valinta	29
4.4. Vaiherakentaminen	35
5. TIEN PÄÄSUUNNAN SUUNNITTELU	37
5.1. Yleistä	37
5.2. Pääsuuntavaihtoehtojen vaikutusten selvittäminen	38
6. TIEN GEOMETRIAN SUUNNITTELU	44
6.1. Yleistä	44
6.2. Vaaka- ja pystygeometrian suunnittelu	45
6.2.1. Mitoitusnopeus	45
6.2.2. Näkemät	46
6.2.3. Tielinjan elementit	53
6.2.4. Tasausviivan elementit	64
6.2.5. Tien geometrisen muodon suunnittelu	71
6.3. Sivukaltevuuden suunnittelu	79
6.3.1. Yleistä	79

6.3.2. Ajoin siven kaltevuus suoralla tiellä	80
6.3.3. Ajoin siven kaltevuus kaartessa	80
6.3.4. Ajoin viettokaltevuus	82
6.3.5. Siven kaltevuuden muutokset	83
6.3.6. Pientareen siven kaltevuus	88
7. TIEN GEOMETRIAN PARANTAMINEN	89
KIRJALLISUUSLUETTELO	92
LIITE	

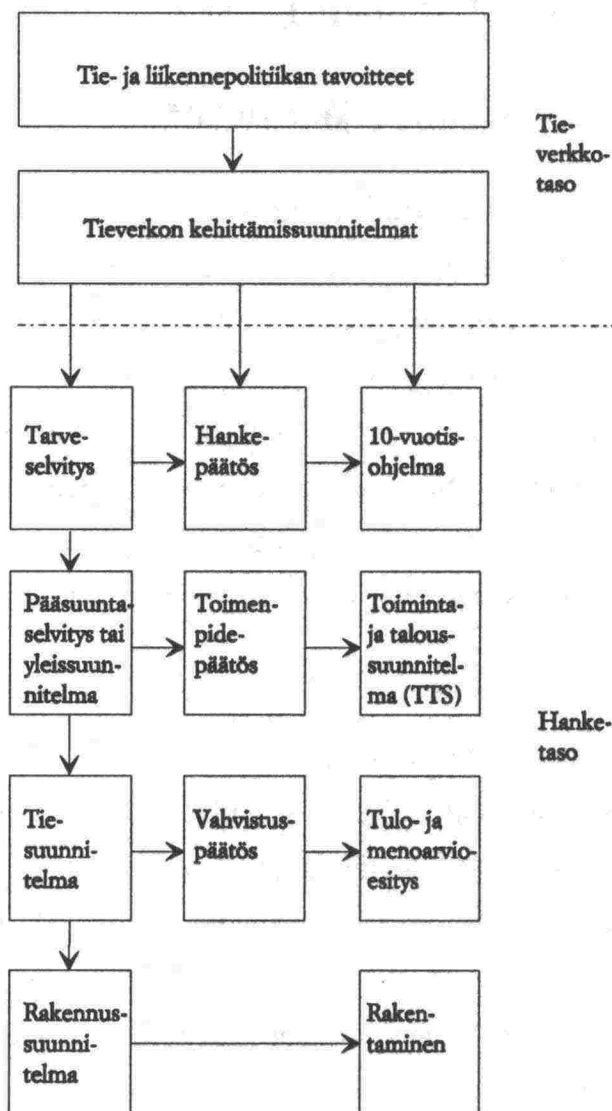
1. SUUNNITTELUN TYÖVAIHEET

1.1. Tiepoliittinen päätöksentekojärjestelmä

Tiepoliittisessa päätöksenteossa ollaan tätä kirjoitettaessa 1990-luvun alussa siirtymässä uuteen, vaiheistettuun järjestelmään. Tähän asti ainoastaan suunnittelun viimeinen vaihe, tiesuunnittelu, on perustunut lainsäädäntöön. Kaikki tätä edeltävät suunnitteluvaiheet ovat olleet epävirallisia, eikä niistä tehdyistä päätöksistä ole esim. voinut valittaa. Suunnittelun alkupuolella ratkaistaan yleensä merkittävimmät asiat ja tällöin voidaan eniten vaikuttaa esim. ympäristöhaittojen suuruuteen. Suunnittelun edetessä vaihtoehtojen määrä supistuu, niiden erot pienenevät ja tehtävät päätökset ovat vähemmän merkittäviä. Vanhassa järjestelmässä päätöksenteko on ollut lainsäädännöllä sitä vahvemmin sidottu, mitä pienemmistä asioista on ollut kysymys.

Uudessa tiepoliittisessa päätöksentekojärjestelmässä myös päätöksenteko on vaiheistettu, kuten suunnittelu on jo vanhastaan ollut. Järjestelmän periaate käy ilmi *kuvasta 1*. Ylimmällä tasolla päätöksentekoa ohjaavat valtakunnan tie- ja liikennepolitiikalle asetetut tavoitteet. Ne on kirjattu liikenneministeriön toiminta- ja taloussuunnitelmaan. Näihin tavoitteisiin perustuen laaditaan tieverkon kehittämissuunnitelmat. Tieverkkosuunnitelman kohteena voi olla esim. koko valtakunnan päätieverkko, tietyn taajaman tieverkko tai jonkin liikenneväylän vaikutusalueen tie- ja katuverkko. Tieverkkosuunnitelmassa kerrotaan, minkä taseisia tieverkon yhteyksien on oltava, jotta asetetut tavoitteet täyttyvät, ja millä toimenpiteillä haluttu tase saavutetaan.

Hankekohtaisia selvityksiä ja suunnitelmia ovat tarveselvitys, pääsuuntaselvitys, yleissuunnitelma ja tiesuunnitelma ja näistä annettavia päätöksiä hankepäätös, toimenpidepäätös ja vahvistuspäätös. Suunnitelmista annettavilla päätöksillä on yhteys myös tiehankkeiden ohjelmointiin eli ajoitukseen. Hankepäätöksen jälkeen tiehanke voidaan ottaa 10-vuotishjelmaan, toimenpidepäätöksen jälkeen toiminta- ja taloussuunnitelmaan (4 vuotta) ja vahvistuspäätöksen jälkeen valtion tulo- ja menoarvioesitykseen. Tarveselvityksessä tutkitaan sen nimen mukaisesti tien liikenteellinen tarve. Yleis- ja tiesuunnitteluvaiheissa selviävät tielinjan sijainti ja muut tekniset yksityiskohdat.



Kuva 1. Tiepoliittinen päätöksentekojärjestelmä.

1.2. Asteittain tarkentuva suunnittelu

Uuden järjestelmän mukaisten suunnitelmien nimitykset ja sisältö eivät ole vielä vakiintuneet. Laadituissa tarveselvityksissä on hankkeen tarpeen toteuttamisen lisäksi yleensä tutkittu alustavasti myös uuden tien suuntausta. Vaihtoehtoisesti suuntauksen suunnittelu on voitu aloittaa vasta yleissuunnitteluvaiheessa. Tarvittaessa yleissuunnitelma on jaettu kahteen osaan: tarkkuudeltaan karkeampaan alustavaan yleissuunnitelmaan ja "varsinaiseen" yleissuunnitelmaan. Tulevaisuudessa tarveselvitys todennäköisesti eriytetään varsinaisesta suunnittelusta. Tarveselvityksen perusteella annettava hankepäätös olisi "suunnittelulupa", jossa todettaisiin hankkeen järkevyys ja toteutuskelpoisuus.

Suunnitteluasiakirjojen nimistä ja hallinnollisesta käsittelystä riippumatta tien suuntauksen suunnittelu voidaan tarkkuudeltaan jakaa kolmeen vaiheeseen. *Ns. pääsuuntaselvityksessä* etsitään tielle edullisinta maastokäytävää, jonka leveys vaihtelee muutamasta sadasta metristä jopa runsaaseen kilometriin. *Yleissuunnittelussa* tutkitaan valitun maastokäytävän sisältä vaihtoehtoisia linjauksia. Suunnittelutarkkuus on tällöin kymmenien metrien suuruusluokkaa, kaavoitetuilla alueilla suunnittelu on tarkempaa kuin rakentamattomilla haja-asutusalueilla. *Tie- ja rakennussuunnittelussa* selviää tien tarkka sijainti.

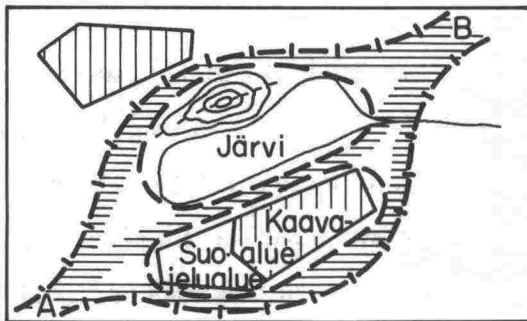
Pääsuuntaselvitys

Pääsuuntaselvityksessä useita vaihtoehtoisia maastokäytäviä vertaillaan mm. kustannusten, ympäristön, maankäytön ja tieteknisten seikkojen kannalta keskenään. Uusia linjauksia vertaillaan myös nykyiseen tiehen sellaisenaan (ns. 0-vaihtoehto) tai nykyiseen tiehen hieman parannettuna (ns. 0+ -vaihtoehto). Taajamat ja olemassa oleva tieverkko liitetään yleensä uuteen tiehen eri vaihtoehtoisissa eri tavalla. Vaihtoehtojen hyvyyteen vaikuttaa usein vähintään yhtä paljon kuin itse tielinjan sijainti se, kuinka toimiviksi taajamien yhteydet ja muu tieverkko saadaan järjesteltyä.¹

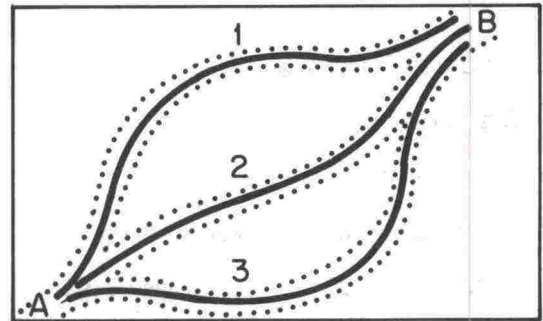
Ennen pääsuuntaselvityksen aloittamista on päätettävä keskeisistä suunnitteluperiaatteista, esim. tien toiminnallisesta luokasta, ohjenopeudesta, poikkileikkauksesta, kulkumuotojen erottelusta ja liittymärajoituksista. Nämä tiedot saadaan yleensä laadituista tieverkkosuunnitelmista ja/tai suunnitteluohjeista. Esim. valtatieyhteyksien liikenteelliseen tavoitetasoon on otettu kantaa valtatieverkkosuunnitelmassa. Pääsuuntaselvityksessä tai muussa hankekohtaisessa suunnitelmassa on kuitenkin tarkistettava, ovatko perusteet aikaisemmille kannanotoille edelleen voimassa. Suomessa tieverkkosuunnittelulla on heikompi asema ja asioista päätetään useammin hanketasolla kuin useimmissa muissa Euroopan maissa.

Kuvassa 2 on esitetty pääsuuntaselvityksen vaiheet. Aluksi inventoidaan linjauksia rajaavat kohteet, kuten suojelualueet, ympäristöllisesti herkäät alueet, kaavoitetut alueet jne. ja määritetään vaihtoehtoiset maastokäytävät. Kuhunkin maastokäytävään suunnitellaan linjaus, ns. pääsuunta, joka mahdollisimman hyvin kuvaa maastokäytävään rakennettavan tien ominaisuuksia. Paras suuntaus pyritään löytämään vertailemalla vaihtoehtoisia pääsuuntavaihtoehtoja.

Pääsuuntien geometria suunnitellaan vapailla alueilla sellaisella tarkkuudella, etteivät myöhemmin mahdollisesti tehtävät tarkistukset siirrä linjausta maastokäytävän ulkopuolelle eivätkä liittymäratkaisut ja muu tieverkko muutu oleellisesti. Suunnittelumittakaava on yleensä 1:10 000 tai 1:20 000. Taajamissa ja muissa suunnittelutarkkuutta vaativissa kohdissa linjaus on sen toteutuskelpoisuuden tarkistamiseksi suunniteltava tarkemmin - esim. mittakaavassa 1:2 000 tai 1:4 000. Myös tien tasausviiva suunnitellaan yleensä niin tarkasti, että tasauksen vaikutukset vaakatason linjaukseen saadaan selville.



- Vaihe 1 Suunnittelualueen ja maastokäytävien muodostaminen
 A ja B Tehtävän annossa määritetyt pääpisteet
 - | - Suunnittelualueen raja
 Maastokäytävä



- Vaihe 2 Pääsuuntavaihtoehtojen suunnittelu maastokäytäviin
 2 Pääsuuntavaihtoehto, joka kuvaa maastokäytävän ominaisuuksia

Kuva 2. Pääsuuntaselvityksen vaiheet.

Pääsuuntaselvityksessä suunnitellaan alustavasti myös uuden tien aiheuttamat muutokset olemassa olevaan tieverkkoon, liittymien sijainti ja liittymätyypit. Samoin esitetään tiejakson kehittämispolku eli millaisina osuuksina ja missä järjestyksessä uusi tie rakennetaan sekä parannetaanko välivaiheessa nykyistä tietä.

Yleissuunnitelma

Yleissuunnitelman laadinta alkaa yleensä, kun tiehankkeen toteutus on näköpiirissä. Siinä esitetään lähtökohdat tiesuunnittelulle. Vaikkei tiehankkeen toteutuksesta vielä olisikaan päätetty, yleissuunnitelma saattaa olla tarpeen laatia kaavoitusta varten. Tie on ajoissa merkittävä yleis-, asema- ja rakennuskaavoihin, jotta maankäyttö voidaan suunnitella tulevan tilan-

teen mukaiseksi ja jottei maankäyttö myöhemmin muodosta estettä tiehankkeen suunnitelman mukaiselle toteutukselle.

Pääsuuntaselvityksen perusteella tai muuten valittuun maastokäytävään laaditaan useita yleissuuntavaihtoehtoja, joita vertailemalla päädytään tie- ja rakennussuunnittelun pohjaksi valittavaan linjaukseen. Vaihtoehtoiset linjaukset tasauksineen tulee suunnitella niin tarkasti, että niitä voidaan luotettavasti vertailla. Ratkaisujen tulee mm. olla teknisesti toteutuskelpoisia. Suunnittelumittakaava on yleensä 1:2 000 tai 1:4 000.

Tie- ja rakennussuunnitelma

Tiesuunnittelussa ja sitä seuraavassa *rakennussuunnittelussa* tie suunnitellaan lopulliselle paikalleen. Suunnitteluvaiheen aikana sovitaan maanomistajien kanssa tiejärjestelyistä, tehdään maaperätutkimuksia, selvitetään rakennusmateriaalin saanti sekä suunnitellaan geotekniset ratkaisut ja kuivatus. Massataloudellisten laskelmien perusteella valitaan edullisin linjauksen ja tasauksen yhdistelmä. Lopuksi vielä tarkistetaan tiejärjestelyt, liittymät sekä levähdys- ja pysäköintialueet sekä suunnitellaan tieympäristön hoito, valaistus, viitoitus, johtojen ja laitteiden siirto.

Tie- ja rakennussuunnittelun tuloksena syntyy kaksi erillistä suunnitelmaa:

- *Tiesuunnitelma* on hallinnollinen asiakirja, josta ilmenevät mm. tiealue, varaus tien mahdollista myöhempää leventämistä varten, liitännäisalueet, arvio rakentamis- ja lunastuskustannuksista sekä yleisten töiden järjestelyt. Samanaikaisesti tiesuunnitelman kanssa tehdään yleensä yksityisten teiden liittymä- ja järjestelysuunnitelma.
- *Rakennussuunnitelma* sisältää rakennettavan tien ja rakennustöiden yksityiskohtaisen kuvauksen. Siinä esitetään tarvittavat mitat, käytettävät rakennusaineet, työn laatuvaatimukset ja annetaan työohjeet rakentamista varten.

1.3. Suunnittelun organisointi

Suunnittelun aikaisen tiedonkulun tehostamiseksi perustetaan yleensä hankeryhmä. Kunnat, seutukaavoittaja, lääninhallitus ja muut valtion ja kuntien viranomaiset nimeävät ryhmään edustajansa. Maanomistajille ja muille hankkeesta kiinnostuneille järjestetään tiedotustilai-

suuksia tai suunnitelmanäyttelyitä. Viime aikoina suuntaus on ollut yhä avoimempaan suunnitteluun. Ongelmat pyritään ratkomaan jo suunnittelun kuluessa, jotta raportin käsittely lausuntovaiheessa sujuisi mahdollisimman kitkattomasti.

Suunnitelmaraportin valmistuttua siitä pyydetään lausunnot suunnittelualueen kunnilta sekä muilta valtion ja kuntien viranomaisilta. Hankkeen merkittävydestä ja suunnitelmatyypistä riippuen suunnitelman hyväksyy joko liikenneministeriö, tiehallitus tai tiepiiri.

2. TEIDEN LUOKITTELU

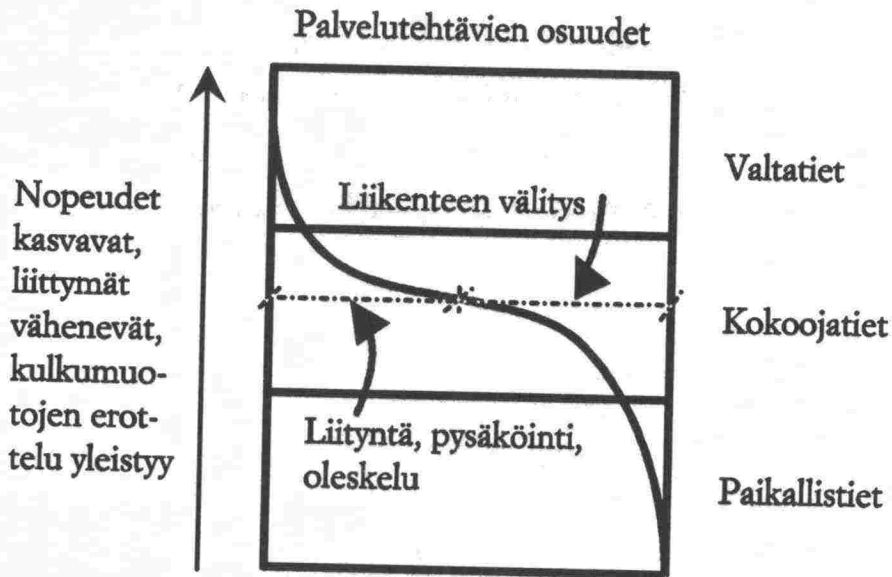
2.1. Yleistä

Tiet ryhmitellään eri tarkoituksiin eri tavalla. Käytössä olevia luokitteluja ovat mm. toiminnallinen, verkkoyhteys-, hallinnollinen ja tekninen luokittelu.² *Toiminnallinen luokittelu* perustuu väylän asemaan tieverkossa: palveleeko tie pääasiassa liikkumista paikasta toiseen vaiko maankäyttöä (pysäköinti, tavaroiden purku ja kuormaus, oleskelu jne.). *Yhteysväliluokka* kertoo tien merkityksen yhteiskunnalle. Onko yhteys valtakunnallisesti tärkeä suurten keskusten välinen "linkki" vai onko sillä lähinnä seudullista tai alueellista merkitystä?³ *Hallinnollinen luokitus* puolestaan jakaa tiet sen mukaan, mikä taho vastaa tienpidosta. Tiet voidaan jakaa myös niiden teknisten ominaisuuksien - esim. leveyden - perusteella *teknisiin luokkiin*. Eri luokittelut ovat välillisesti toisistaan riippuvaisia. Esim. toiminnallinen luokittelu vaikuttaa teknisiin ratkaisuihin kullekin toiminnalliselle luokalle asetettujen nopeustavoitteiden kautta.

Toiminnallinen luokitus

Kullakin tieyhteydellä on oma toiminnallinen tehtävänsä tieverkossa. Vastaavasti tieyhteyksistä, joilla on erilaisia tehtäviä, koostuu toiminnallisesti jaoteltu tieverkko. Tavallisimmat teiden toiminnalliset tehtävät ovat

- liikenteen välitys
- liikenteen kokoaminen ja
- maankäytön kytkeminen tieverkkoon ja maankäytön palvelu taajamassa.



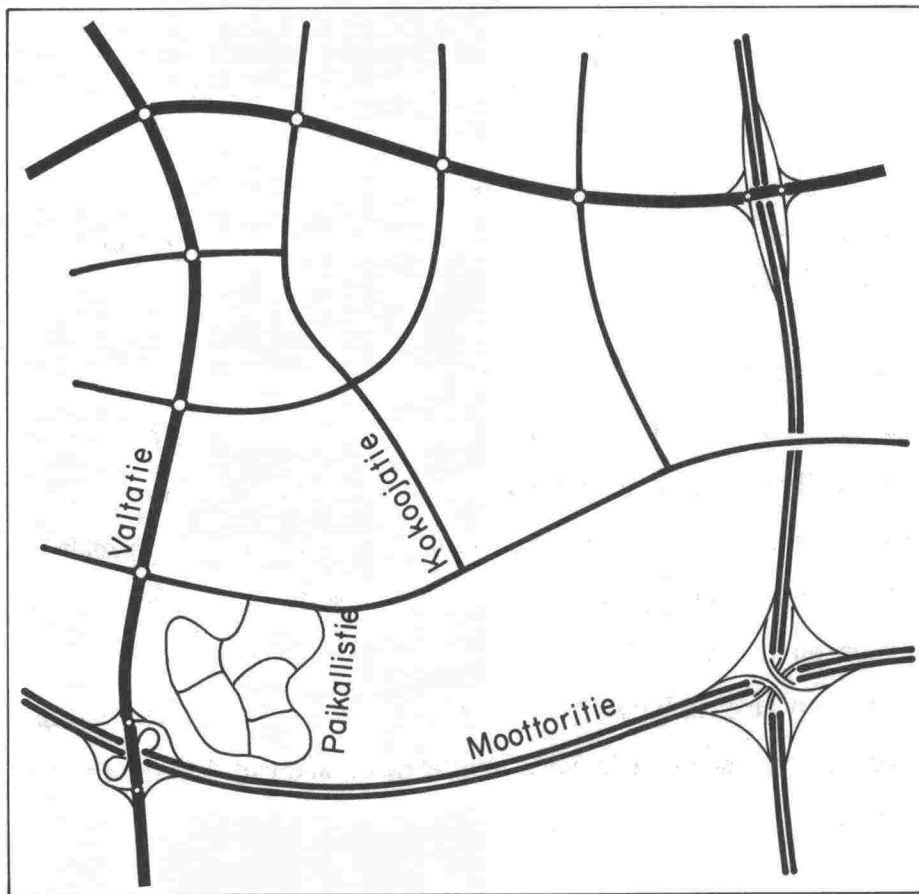
Kuva 3. Tieluokituksen yhteydet tien liikennöitävyysvaatimuksiin ja maankäytön liittymien säännöstelyyn.^{4,6}

Tie ei voi kokonaisuuden kärsimättä palvella useita toiminnallisia tehtäviä samanaikaisesti. Tämä johtuu eri toiminnallisten tehtävien erilaisista tarpeista. *Liikenteenvälitystehtävästä* suoriutuminen edellyttää mm., että kuljetusajat ovat mahdollisimman lyhyitä, kuljetuskustannukset pieniä ja että onnettomuuksia sattuu vähän. Tämä puolestaan on mahdollista, jos tien välityskyky on tarpeeksi suuri ja sillä voidaan turvallisesti käyttää suuria nopeuksia. Teillä, joiden tehtävänä on *liikenteen kokoaminen*, korkea nopeustaso ei ole yhtä tärkeää, koska keskimatkapituus on yleensä lyhyt. *Maankäyttöä palvelevilla teillä* tien varren asutus, pysäköinti, jalankulkijat ym. seikat määräävät tien tekniset ratkaisut. Liikennemäärät näillä teillä ovat yleensä pieniä ja nopeudet alhaisia.⁵

Kuvasta 3 näkyy, kuinka toiminnallisten tehtävien keskinäinen tärkeysjärjestys vaihtelee tieluokittain. Tiet on kuvassa toiminnallisen tehtävän mukaan jaettu kolmeen ryhmään: pääteihin, kokoojateihin ja paikallisteihin. Pääteillä liikenteen sujuvuus on tärkeää, eikä niillä saisi olla maankäyttöliittymiä. Paikallisteillä puolestaan päätehtävänä on maankäytön kytkeminen tieverkkoon. Mm. hyvän liikenneturvallisuuden ja liikenteen oikean sijoittumisen

aikaansaamiseksi paikallistiet mitoitetaan tavallisesti alhaisemmille nopeuksille kuin pää- ja kokoojatiet.⁶

Ihannetapauksessa kustakin tieluokasta on suora yhteys vain hierarkiassa lähinnä ylempään tai alempaan luokkaan. Autoilijalle tämä merkitsee sitä, että matkan alussa siirrytään asteittain toiminnallisessa luokituksessa ylöspäin, pisin matka ajetaan korkealuokkaisimmalla tiellä, kunnes matkan lopussa käytettävän tiejakson toiminnallinen luokka jälleen laskee. Käytännössä näin puhtasoppinen tieverkko on harvinainen. *Kuva 4* havainnollistaa tieverkon luokittelua.



Kuva 4. Tieverkon toiminnallinen jäsentely.⁷

2.2. Tieluokat Suomessa

Liikenneväylät ovat Suomessa yleisiä teitä, yksityisiä teitä, katuja tai kaavateitä.

Yleisten teiden *hallinnollinen luokitus* on esitetty tielaissa. Sen mukaan yleiset tiet ovat maanteitä tai paikallisteitä.

Suomessa käytössä olevan *toiminnallisen luokituksen* mukaan yleiset tiet jaetaan valtateihin, kantateihin, seudullisiin teihin, kokoojateihin, yhdysteihin ja pääsyteihin. Luokitteluperusteena on se, minkä taseisia keskuksia ko. tie yhdistää ja millaista liikennettä se välittää. Esim. valtatie yhdistävät maakunta- ja ylempiluokkaisia keskuksia toisiinsa muodostaen maantieverkon rungon sekä välittävät kaukoliikennettä ja seudullista liikennettä.⁸ Eri toiminnallisiin luokkiin kuuluvien yhteyksien pituus vuoden 1989 alussa on esitetty *taulukossa 1*.⁹

Taulukko 1. Tiepituudet eri toiminnallisissa luokissa 1.1.1989.⁹

Toiminnallinen luokka	Pituus (km)
Valtatiet	7 400
Kantatiet	4 000
Seudulliset tiet	7 800
Kokoojatiet	14 800
Yhdystiet	42 200
Yhteensä	76 200

Tienpidon pitkän aikavälin suunnitelmassa, ns. Tie 2010 -suunnitelmassa, luokkien määrää on esitetty vähennettäväksi neljään: valtateihin, kantateihin, seututeihin ja yhdysteihin. Uudessa luokituksessa luovuttaisiin kokoojatieluokasta. Noin 2000 km kokoojateitä siirrettäisiin seututieluokkaan ja loput noin 13 000 km yhdysteihin. Osa valtateista, noin 2500 km, nimettäisiin erityisen tärkeiksi valtateiksi. Näillä olisi lievä suosituimmuusasema tiehankkeiden toteutusjärjestystä harkittaessa.¹⁰

Tärkein teiden *tekninen luokittelu* Suomessa on jako moottoriväyliin ja sekaliikenneteihin. Moottoriväylät jakautuvat edelleen moottoriteihin ja moottoriliikenneteihin. Moottoritiet ovat kaksiajorataisia teitä, joilla vain moottoriajoneuvoliikenne on sallittua, pysähtyminen on kiellettyä ja joiden liittymät ovat eritasoisia. Moottoriliikennetie on muuten kuten moottoritie,

mutta sillä on vain yksi ajorata. Sekaliikennetiellä myös muu kuin moottoriajoneuvoliikenne on sallittua ja sen liittymät ovat pääosin tasoliittymiä. Valtaosa Suomen tieverkosta on sekaliikenneteitä. Vuonna 1991 Suomessa oli noin 200 km moottoriteitä ja saman verran moottoriliikenneteitä.

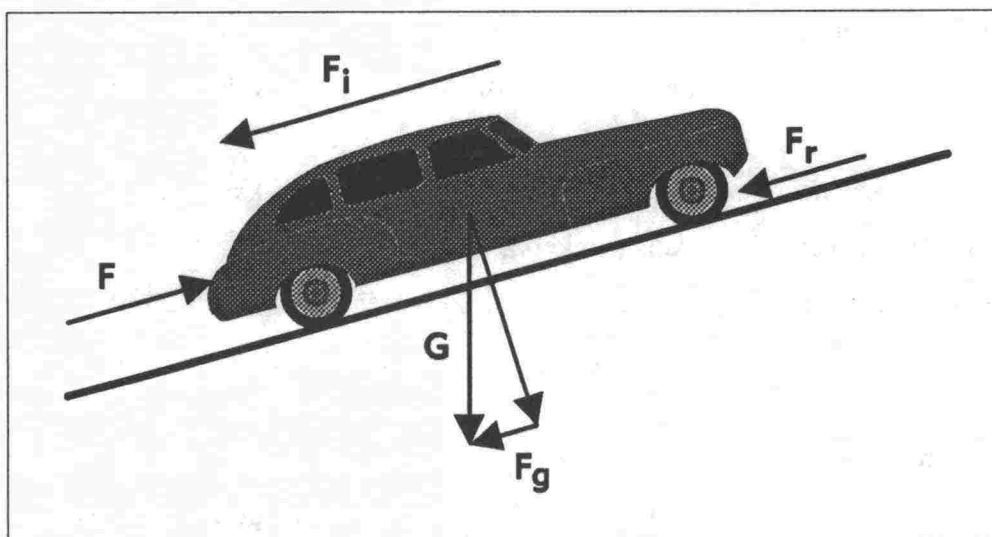
Monissa Euroopan maissa moottoriväylät ovat oma toiminnallinen luokkansa. Tällöin tietyn-tasoisten keskusten väliset yhteydet ovat liikennemääristä riippumatta moottoriväyliä. Suomessa moottoriväylä on toiminnallisen luokan alainen tekninen luokka. Esim. toiminnal-liseen luokkaan "valtatie" kuuluva tie voidaan liikennemääristä riippuen rakentaa joko moot-toriväyläksi tai sekaliikennetieksi.

3. AJOTEKNISET PERUSARVOT

Liikenneympäristö, ihmisten suorituskky ja ajoneuvojen ominaisuudet asettavat monia raja-arvoja liikenneväylien suunnittelulle. Esimerkiksi ajoneuvon pysäyttämiseksi tarvittavaan näkemään vaikuttavat ajoneuvon nopeus, havaintopisteen korkeus ajoneuvossa, kuljettajan reaktioaika, sääolosuhteet sekä renkaiden ja tienpinnan välinen kitka. Pysähtymisnäkemä puolestaan määrää tien vaaka- ja pystytason elementtien vähimmäisarvot. Tien tulee joka kohdassa näkyä eteenpäin vähintään ajoneuvon pysäyttämiseen tarvittavan matkan verran.

Voimat

Ajoneuvoon vaikuttavat voimat on esitetty *kuvassa 4*. Suoralla tieosalla kokonaisvoima koos-tuu ajo-/jarrutusvoimasta, ilmanvastuksesta ja pystyvoimasta. Kaarteissa ajoneuvoon kohdis-tuu lisäksi sivuvoima. Koska voima saadaan kertomalla massa kiihtyvyydellä, voidaan vaih-toehtoisesti puhua kiihtyvyyksistä: ajovoima vastaa kiihtyvyyttä, jarrutusvoima hidastuvuut-ta, pystyvoima pystykiihtyvyyttä ja sivuvoima sivukiihtyvyyttä.¹¹



Kuva 5. Ajoneuvon vaikuttavat voimat ylämäessä (F =ajovoima, F_i =ilmanvastus, F_r =vierintävastus, G =maan vetovoima, F_g =maan vetovoiman komponentti ajoneuvon kulkusuunnassa).

Kitka

Ajoradan ja ajoneuvon renkaiden välinen kitka riippuu mm. ajonopeudesta ja -tavasta, päällysteestä, renkaista, säästä ja ajoneuvoteknisistä seikoista. Suunnittelun lähtökohtana käytetään yleensä märällä päällysteellä, lukkiutuneilla pyörillä mitattuja kitka-arvoja. Parhaat kitka-arvot saavutetaan tavallisesti 15 - 20 prosentin luistolla.¹²

Suoritetut jarrutuskokeet osoittavat, että kuljettajat eivät nopeusalueella 40 - 120 km/h mielellään käytä suurempaa hidastuvuutta kuin $3.4 - 2.9 \text{ m/s}^2$, vaikka kitka mahdollistaisikin sen. Tämä asettaa ylärajan mitoituksessa käytettäville kitkan arvoille. Mitoitusnopeuksilla 60 - 120 km/h käytetään mitoituksessa eri maissa jarrutuskitkakertoimen arvona yleensä 0,3 - 0,4. Luku tarkoittaa keskimääräistä arvoa jarrutettaessa ajoneuvo mitoitusnopeudesta pysäykseen.

Reaktioaika

Reaktioajalla tarkoitetaan aikaa, joka ajoneuvon kuljettajalta kuluu vaaratilanteen havaitsemisesta jarrutuksen tai muun toiminnan aloittamiseen. Reaktioaika voidaan jakaa

- *sensoris-kognitiiviseen osaan* eli aikaan, joka kuluu ärsykkeen havaitsemiseen ja sen ymmärtämiseen sekä ratkaisun tekoon,
- *motoriseen osaan* eli jalkojen ja käsien liikkeeseen kuluvaan aikaan ja
- *mekaaniseen osaan* eli aikaan jarrupolkimien painamisesta jarrutuksen alkamiseen.

Reaktioajan pituus riippuu mm. kohteen etäisyydestä, kuljettajan ominaisuuksista, säästä sekä tie- ja liikenneympäristöstä. Odottamattomiin ärsykkeisiin reagoidaan yleensä hitaammin kuin odotettuihin. Kaupunkiympäristössä reaktioajat ovat tavallisesti lyhyempiä kuin maaseudulla, koska kaupungissa erilaiset konfliktitilanteet ovat yleisiä.¹²

Reaktioaikojen jakauma on tutkimuksissa todettu melko suureksi. Mitoituksessa käytetään tavallisesti reaktioaikaa, jota nopeammin 85 - 90 prosenttia autoilijoista reagoi. Eri tutkimusten mukaan tämä mitoittava reaktioaika on 1.0 - 3.5 sekuntia. *Taulukossa 2* on reaktioaikoja, joita eri maissa käytetään näkemäpituuksien määrittämiseen.¹²

Taulukko 2. Näkemäpituuksien määrittämisessä käytettäviä reaktioaikoja eräissä maissa.¹²

Maa	Reaktioaika (s)
Saksa	1.5 - 2.0
Australia	2,5
Kanada	2,5
Yhdysvallat	2,5
Ruotsi	1.5 - 2.0
Suomi	2

Mitoituksessa käytettävää reaktioaikaa pidennettäessä joudutaan käyttämään suurempisäteisiä vaaka- ja pystytason elementtejä, jolloin tienrakentaminen on runsaampien leikkausten ja penkereiden vuoksi kalliimpaa ja tien ja maiseman välistä sopusointua on vaikeampi saada aikaan. Lyhyitä reaktioaikoja käytettäessä puolestaan onnettomuudet erityisesti huonoissa

keli- ja sääoloissa lisääntyvät. Hyvissä oloissa mitoituksessa käytettävät lyhyet reaktioajat hillitsevät nopeuksia ja voivat jopa parantaa liikenneturvallisuutta.

Kiihtyvyys ja hidastuvuus

Kun ajoneuvon nopeus muuttuu liikesuunnassa, matkustajiin kohdistuu pituussuuntaisia kiihtyvyysoimia. Voimien sekä niiden muutosten suuruus ja kesto riippuvat mm. ajotavasta, liikenneympäristöstä ja keliolosuhteista. Renkaiden ja ajoradan välinen kitka sekä ajoneuvon ominaisuudet määräävät kiihtyvyyden ja hidastuvuuden maksimiarvot. Ajoneuvojen kiihtyvyys ja hidastuvuus vaikuttavat mm. ramppien sekä kiihdytys- ja hidastuskaistojen suunnitteluun eritasoliittymissä.¹³

Pystykiihtyvyys

Pystykiihtyvyys vaikuttaa matkustusmukavuuteen tien tasauksen pyöristyskohdissa. Sen suuruus riippuu ajonopeudesta ja pyöristyskaaren säteestä. Pystykiihtyvyys tuntuu matkustajasta epämiellyttävältä, kun se ylittää 1 m/s^2 . Pystykiihtyvyys ei maaseutuolosuhteissa yleensä mitoiteta pyöristyskaarien säteitä. Pystygeometria määräytyy lähinnä näkemäpituuksien ja optisten näkökohtien perusteella.¹²

Sivukiihtyvyys

Kaarteessa liikkuvaan ajoneuvoon kohdistuu sivukiihtyvyys, jonka suuruus riippuu kaarresäteestä ja ajoneuvon nopeudesta. Sivukiihtyvyys on ajoneuvon tiellä pitämiseksi kumottava ajoneuvon ja pyörien välisellä kitkalla ja/tai kallistamalla ajorataa.¹²

Kiihtyvyyden muutos

Matkustajat tuntevat kiihtyvyyden muutoksen nykyksenä. Erityisen epämiellyttäviä ovat nopeasti toisiaan seuraavat kiihtyvyyden muutokset, joita esiintyy mm. S-kaarteissa ajettaessa ja kaistaa vaihdettaessa. Epäkohdat voidaan poistaa vaakageometrian, mm. siirtymäkaarien oikealla suunnittelulla. Liittymien välisille tiejaksoille kiihtyvyyden muutoksen enimmäisarvoksi suositellaan eri maissa $0.5\text{--}0.9 \text{ m/s}^3$.¹²

Rotaatio

Tien sivukaltevuuden muutoskohdissa liikkuva ajoneuvo joutuu kiertoliikkeeseen. Rotaation suuruus voidaan ilmaista esim. ns. nousuviisteenä tai sivukaltevuuden kulmanopeutena. Nousuviisteellä tarkoitetaan ajoradan reunan pituuskaltevuutta verrattuna sivukaltevuuden kiertoakseliin (yleensä tasausviiva).¹²

4. TIEN POIKKILEIKKAUS

4.1. Yleistä

Tielle suunnitellaan sellainen poikkileikkaus, että tie välittää ennustetut liikennemäärät turvallisesti ja tien liikenteellisen merkityksen huomioonottaen riittävän sujuvasti. Poikkileikkauksessa on oltava tilaa itse ajoneuvoille, niiden sivusuuntaiselle liikkumisvaralle sekä ajoradan ulkopuoliselle varmuusvaralle, jonka sisällä ei saa olla kiinteitä esteitä. Varsinaisen poikkileikkauksen lisäksi liikenneturvallisuuteen ja liikenteen sujuvuuteen vaikuttavat myös mm. kulkumuotojen säännöstely sekä liittymärajoitukset ja liittymätyypit.

Käytännössä poikkileikkausta ei joka tiehankkeessa "suunnitella", vaan se valitaan valmiiksi suunniteltujen "normaalipoikkileikkausten" joukosta. Kulloinkin käytettävän normaalipoikkileikkauksen valintaan vaikuttavat mm. tiejakson asema tieverkossa, tien toiminnallinen tehtävä ja liikennemäärä. Valitun normaalipoikkileikkauksen yksityiskohdat, esim. keskikaistan leveys moottoritieillä, on toki suunniteltava. Kohdassa 4.2 on kerrottu, millaisia vaikutuksia poikkileikkauksen osien mitoituksella on tien liikenneteknisiin ominaisuuksiin. Kohdasta 4.3 käyvät ilmi poikkileikkauksen valinnan periaatteet Suomessa.

Poikkileikkaus on yhteydessä tien vaaka- ja pystygeometrian elementteihin. Leveän tien tulisi myös geometrialtaan olla korkeatasoinen, jottei autoilijalle synny väärää mielikuvaa tien tasosta.

4.2. Poikkileikkauksen vaikutus tien liikenneteknisiin ominaisuuksiin

4.2.1. Poikkileikkauksen osien nimitykset

Kuvasta 6 käyvät ilmi tiepoikkileikkauksen osien nimitykset. Ajokaistojen, keskikaistan, pientareiden, ojen ja luiskien lisäksi poikkileikkaukseen voi sisältyä erilaisia lisäkaistoja: ohituskaista, kääntymiskaista, kiihdytyskaista, hidastuskaista jne. Poikkileikkaukseen voi myös sisältyä pyörätie tai jalkakäytävä.



Kuva 6. Tiepoikkileikkauksen osien nimitykset.

4.2.2. Ajorata

Ajoradan leveyden määräävät sitä käyttävien ajoneuvojen leveys, turvaväli vierekkäisiä kaistoja käyttävien ajoneuvojen välillä ja turvaväli ajoneuvojen ja ajoradan reunan välillä. Kanadalaisten tutkimusten mukaan kaistan tulisi olla yli 3.5 metriä leveä teillä, joita käyttävät eri kulkumuodot yhdessä (ns. sekaliikennetiet). Kuorma-autoilla turvaväli on riittävä, kun kaistaleveys on 3.7 metriä.

Ajokaistojen leveys vaikuttaa merkittävästi tien liikenneteknisiin ominaisuuksiin. Esimerkiksi kanadalaisten tutkimusten mukaan kaksikaistaisen tien välityskyky kasvaa 23 prosenttia, kun kaista levenee 3 metristä 3.7 metriin. Ajoradan leveyden vaikutusta liikenneturvallisuuteen on vaikea arvioida, sillä leveät tiet ovat yleensä myös muilta ominaisuuksiltaan, esim. geomet-

rialtaan, parempia. Leveillä teillä ajonopeudet ovat yleensä korkeampia. Leveät tiet ovat yleensä myös vilkkaammin liikennöityjä kuin kapeat. On kuitenkin ilmeistä, että leveä ajorata on turvallisempi kuin kapea, jos tien nopeustaso ja muut turvallisuuteen vaikuttavat ominaisuudet ovat samoja.

4.2.3. Pientareet

Rikkoutuneet tai muusta syystä pysähtyneet ajoneuvot voidaan jättää pientareelle, missä ne eivät aiheuta vaaraa liikenteelle. Puoliksikin ajoradan ulkopuolelle pysähtynyt auto mielletään liikkumattomaksi, mikä lisää takaa tulevien ajoneuvojen reaktioaikaa tarvittaviin ajosuorituksiin. Piennar myös tukee tierakennetta sekä toimii jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden sekä tarvittaessa hälytysajoneuvojen kulkuväylänä. Joissakin maissa, mm. Ruotsissa, ohitettavat ajoneuvot väistävät yleisesti pientareelle helpottaen näin ohituksia. Suomessa tämä on harvinaisempaa. Lakikin Suomessa estää pientareen käytön tähän tarkoitukseen. Tosin poliisi ei valvo tämän lain noudattamista kovin tarkkaan.

Piennarleveyden turvallisuusvaikutuksista on saatu ristiriitaisia tuloksia. Turvallisin piennarveys on eri tutkijoiden mukaan 1,2 - 2,4 metriä, kaarteessa jopa 3 metriä. Tarpeeksi leveä piennar vähentää erityisesti suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksia. Liian leveän pientareen on todettu voivan jopa lisätä onnettomuuksia. Pientareiden leveys parantaa turvallisuutta enemmän leveillä kuin kapeilla teillä (ajorata) ja lisääntyy liikennemäärien ja ajonopeuksien kasvaessa. Päälystetty piennar on tutkimusten mukaan turvallisempi kuin sorapintainen piennar.¹⁴

Piennar parantaa jonkin verran myös liikenteen sujuvuutta ja ajomukavuutta, sillä se lisää ohituksia.

4.2.4. Keskikaista

Keskikaistaksi kutsutaan ajoratojen (sisäpientareineen) välistä aluetta moottoriteillä tai muilla kaksiajorataisilla teillä.¹⁵ Keskikaistalla voi olla istutuksia ja laitteita. Keskikaistan tehtävänä on erottaa ajosuunnat toisistaan ja siten parantaa liikenneturvallisuutta.

Keskikaistan mitoitukseen vaikuttavat eniten liikenneturvallisuus, kunnossapito ja rakennuskustannukset.

Mitä leveämpi keskikaista on, sitä pienempi osuus ajoradalta keskikaistalle suistuneista ajoneuvoista ylittää sen. Esim. kaiteettoman keskikaistan, jonka leveys on 15 metriä, ylittää noin 20 prosenttia ajoneuvoista. Kaide pienentää keskikaistan ylittäneiden osuutta, mutta noin kolmannes suistuneista ajoneuvoista kimmahdaa takaisin ajoradalle muun liikenteen sekaan.

Osa keskikaistan ylityksistä johtaa kohtaamisonnettomuuteen vastaantulevan ajoneuvon kanssa. Tällöin seuraukset yleensä ovat vakavat. Vakavimpia onnettomuudet ovat kapealla, kaiteettomalla keskikaistalla. Kaide vähentää vakavia onnettomuuksia, mutta lisää omaisuusvahinkoon johtavia onnettomuuksia.

Suomalaisten kokemusten mukaan kuusi metriä leveällä keskikaistalla on tarpeeksi tilaa lumen varastointiin. Kapeammilta keskikaistoilta lunta joudutaan talven aikana siirtämään tien ulkoreunoille. Kapeille keskikaistoille varastoitu lumi myös sulaa keväisin ajoradalle. Keskikaistan leveys vaikuttaa lisäksi mm. istutusten valintaan ja kuivatuksen järjestämiseen.

Teille, joilla on kapea keskikaista, rakennetaan yleensä liikenneturvallisuuden vuoksi kaiteet ja valaistus, mikä lisää kustannuksia. Toisaalta leveän keskikaistan suuremmat rakennus- ja pohjanvahvistuskustannukset nostavat keskikaistaltaan leveiden teiden kustannuksia. Suomessa käytetään moottoriteillä keskikaistan leveyksiä 6.5 metriä, 10.5 metriä ja 15 metriä. Tie- ja vesirakennushallituksen tutkimuksen mukaan 10.5 metriä leveällä kaiteettomalla keskikaistalla varustettu tie on 4 prosenttia kalliimpi kuin 6.5 metriä leveällä kaiteellisella keskikaistalla varustettu tie. Vastaavasti 15 metriä leveällä kaiteettomalla keskikaistalla varustettu tie on 7 prosenttia kalliimpi kuin 10.5 metriä leveällä kaiteettomalla keskikaistalla varustettu tie.¹⁵

Suomessa pyritään yleensä käyttämään leveintä eli 15 metrin keskikaistaa. Tällaiselle keskikaistalle voidaan liikenteen kasvaessa aikanaan rakentaa kolmannet ajokaistat. Rakennetussa ympäristössä ja vaikeassa maastossa käytetään kapeampia keskikaistoja. Keskikaista voidaan haluttaessa rakentaa myös vaihtelevan levyiseksi. Tällöin kummallakin ajoradalla on oma linjauksensa. Suomessa leveydeltään vaihtelevia keskikaistoja ei juuri ole.

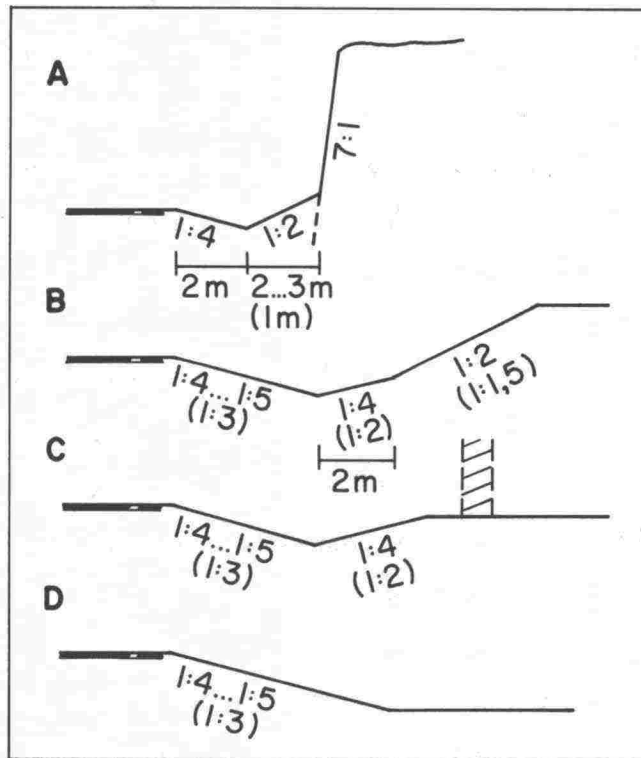
4.2.5. Tien lähiympäristö

Tieympäristöön kuuluvat luiskat, sivuojat, kallioseinämät ja erilaiset kiinteät rakenteet, esim. siltapilarit. Näiden muotoilu, sijoitus ja suojaus vaikuttavat merkittävästi liikenneturvallisuu-
teen.

Kaikilla yleisillä teillä sattuvista onnettomuuksista noin 20 prosenttia on suistumisonnettomuuksia. Amerikkalaisen tutkimuksen mukaan 80 prosenttia tieltä suistuneista ajoneuvoista pysähtyy enintään 9 metrin päähän ajoradan reunasta. Erityisen vaarallista on suistua tieltä korkealla penkereellä, kallioleikkauksessa tai sillalla. Samoin seuraukset ovat yleensä vakavia, kun ajoneuvo törmää ajoradan lähellä oleviin kiinteisiin esteisiin, kuten kaiteettomiin siltapilareihin tai myötäämättömiin pylväisiin.

Tieltä suistumiset voidaan ehkäistä kaiteilla. Kaide on itsekin turvallisuusriski: suistunut ajoneuvo voi kimmata kaiteesta takaisin ajoradalle ja törmätä muihin ajoneuvoihin. Kaideonnettomuudet ovat yleensä kuitenkin lievempiä kuin suistumisonnettomuudet.

Loivilla luiskilla on monia myönteisiä vaikutuksia liikenneturvallisuu-teen. Ajoneuvot eivät kaadu yhtä helposti suistuessaan tieltä kuin jyrkemmällä luiskilla. Loivalla luiskalla myös etäisyys sivuesteisiin, esim. puihin ja kallioleikkauksiin, pitenee, mikä lieventää onnettomuuksia. Suomessa käytetään nykyisin *kuvan 7* mukaisia luiskakaltevuuksia. Maaleikkauksissa ja matalilla penkereillä sisäluiska rakennetaan yleensä kaltevuuteen 1:5 moottoriteillä ja moottoriliikenneteillä ja kaltevuuteen 1:4 muilla teillä. Vähäliikenteisillä teillä kaltevuus 1:3 kuitenkin riittää.



Kuva 7. Suomessa käytettävät luiskakaltevuudet. Uusilla teillä käytetään ylempiä kaltevuusarvoja. Suluissa olevia arvoja voidaan käyttää, jos nopeustaso tai liikennemäärä on alhainen, tilaa ei ole tarpeeksi tai jos tie sijaitsee yli 3 metriä korkealla penkereellä (ei kuitenkaan moottoriteillä tai moottoriliikenneteillä).

4.2.6. Lisäkaistat

Lisäkaistoja ovat esim. ohituskaistat, kääntymiskaistat, väistötilat sekä kiihdytys- ja hidastuskaistat.

Ohituskaistat

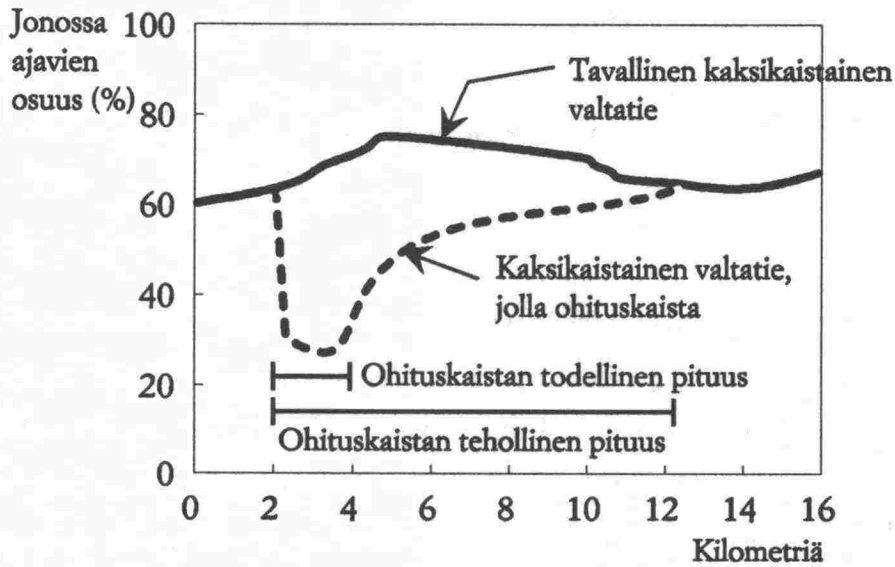
Ohituskaistalla tarkoitetaan ajoradalla olevaa lisäkaistaa, joka tarjoaa mahdollisuuden ohittaa edellä ajava ajoneuvo. Ohituskaistoja voidaan käyttää sekä mäissä että tasaisilla osuuksilla. Ohituskaistan kohdalla voi olla ohituskielto vastakkaiselle ajosuunnalle, mutta tämä ei ole välttämätöntä.¹⁶

Pitkissä ja jyrkissä ylämäissä erityisesti raskaan liikenteen nopeus laskee. Koska edellä ajavan hitaamman ajoneuvon ohittaminen on ylämäissä vaikeaa, myös perässä tulevien ajoneuvojen on vähennettävä nopeuttaan ja raskaiden ajoneuvojen perään kertyy jonoja. Ohituskaista mahdollistaa hitaiden ajoneuvojen ohituksen ylämäessä ja vähentää näin jonoontumista. Tasaisilla osuuksilla ohituskaistat vähentävät jonoontumista, koska ne tarjoavat mahdollisuuden ohitukseen riippumatta vastaantulevasta liikenteestä. Ohituskaistan olisi kuitenkin hyvä aina alkaa nousun kohdalla, jotta riittävä nopeusero ohittavien ja ohitettavien ajoneuvojen välille syntyy.¹⁶

Tutkimustulokset ohituskaistojen liikenneturvallisuudesta ovat keskenään osittain ristiriitaisia. Uusimman suomalaisen tutkimuksen mukaan ohituskaistojen rakentaminen ei paranna liikenneturvallisuutta, vaan saattaa jopa heikentää sitä. Esim. tieltäsuistumisia sattui tutkimuksen mukaan ohituskaistojen kohdalla enemmän kuin vertailuaineistossa ja myös onnettomuusaste oli ohituskaistojen kohdalla hivenen korkeampi.¹⁷

Ohituskaistan vaikutus jatkuu vielä 5 - 13 kilometriä kaistan jälkeen (*kuva 8*). Tämän jälkeen jonoutumisaste on palannut alkuperäiselle tasolle.¹⁸

Tiejaksolle voidaan rakentaa ns. ohituskaistajärjestelmä, jolloin ohituskaistoja on säännöllisin välein. Kaistan pituus voi vaihdella 1 - 5 kilometriin. Poikkeuksellisesti voidaan käyttää alle kilometrinkin mittaisia ohituskaistoja, jos vaihtoehtona on, ettei ohituskaistaa rakenneta ollenkaan. Tielaitoksen ohjeiden mukaan kaistojen välimatka saa olla enintään 6 kilometriä, jotta niillä olisi jatkuva vaikutus. Ulkomaisessa kirjallisuudessa todetaan, että välimatka voi olla pitempikin (esim. 15-25 kilometriä), jos tiejakson ohitusmahdollisuudet muuten ovat hyvät ja liikenne on vähäistä. Ohituskaistajärjestelmä on kustannuksiinsa nähden erittäin tehokas, koska pitemmillä tiejaksoilla kertyneet ohitustarpeet voidaan purkaa keskitetysti ohituskaistojen kohdalla. Ohituskaistojen tehoa lisää vielä riittävä etukäteisopastus edessä olevista ohituspaikoista.



Kuva 8. Ohituskaistan vaikutus kaksikaistaisen tien liikenneolosuhteisiin.

Ohituskaistojen suunnittelussa tulisi ottaa huomioon mm. seuraavat näkökohdat:

- Ohituskaistat ovat tehokkaimmillaan, kun ne sijaitsevat jonoja synnyttävien tienkohtien jälkeen (mäkinen tiejakso, alhainen nopeakrajoitus tms.).
- Nopeakrajoituksen on ohituskaistan kohdalla oltava niin korkea, ettei autojen ohituksen aikana tarvitse ylittää nopeakrajoitusta. Ohituskaistan matkalle voidaan harkita tien yleistasa korkeampaa rajoitusta, jos kaista saadaan sijoitettua turvalliseen kohtaan.
- Mäen taitekohdan jälkeen ohituskaistaa tulee jatkaa, kunnes raskaiden ajoneuvojen nopeus on kasvanut riittävästi (esim. 65 km:iin/h).
- Ohituskaistan päättymiskohtaan on oltava tarpeeksi pitkä näkemä, mielellään päätöksentekonäkemä. Silloin autoilijat käyttävät koko ohituskaistan pituutta tehokkaasti hyväksi, eikä ohituskaistan yllättävä loppuminen aiheuta vaaratilanteita.
- Ohituskaistojen kohdalla ei saa olla liittymiä vasemmalle. Ohituskaistalle pysähtyneet, kääntymismahdollisuutta odottavat autot aiheuttaisivat turvallisuusriskin. Erityisen vaarallinen liittyminen on ohituskaistan alussa.
- Jos vastakkaisiin suuntiin rakennettavat ohituskaistat osuvat kohdakkain, muutoin kaksikaistaiselle tielle syntyy lyhyt nelikaistainen osuus. Tällaista ratkaisua ei Suomessa pidetä hyvänä. Vastakkaisien suuntien ohituskaistoilla suurilla nopeuksilla

ajavat autot ovat vierekkäisillä kaistoilla, mikä saattaa lisätä vakavia kohtaamisonnettomuuksia. Tien leveä poikkileikkaus ohituskaistojen kohdalla vielä kasvattaa nopeuksia.

- Kallioleikkausten ja korkeiden penkereiden kohdalla ohituskaista tulee kalliiksi.

Liittymäjärjestelyt

Liittymäalueille voidaan rakentaa erilaisia kääntymistä helpottavia lisäkaistoja: vasemmalle ja/tai oikealle kääntymiskaistoja, väistötiloja T-liittymiin, kiihdytys- ja hidastuskaistoja jne. Yleensä näitä perustellaan liikenneturvallisuuden paranemisella. Liittymäjärjestelyt parantavat tavallisesti vain vähän pitkän tiejakson liikenteen sujuvuutta (viivytyksiä) kokonaisuudessa, koska liittymien ongelmat ovat luonteeltaan pistemäisiä ja vaikuttavat vain suhteellisen harvoin ajoneuvoihin. Vilkaasti liikennöidyillä teillä liittymien merkitys voi kuitenkin olla suuri. Sivusuunnasta päätielle kääntyvät tai sitä risteävät ajoneuvot synnyttävät tällöin häiriöaaltoja pääsuunnan liikennevirtaan ja saattavat pysäyttää liikenteen kokonaan. Myös sivusuunnan viivytykset voivat olla merkittäviä, jos sivusuunnan liikennemäärä on suuri.

Lisäkaistojen teho riippuu liittymän ongelmien luonteesta. Suomalaisen tutkimuksen mukaan esim. päätien vasemmalle kääntyvien kaista ei paranna turvallisuutta, jos pääasiallinen ongelma on risteävien liikennevirtojen aiheuttamat konfliktitilanteet. Peräänajo-onnettomuudet tosin vähenivät 30-40 prosenttia, mutta muut, vakavammat onnettomuustyyppit lisääntyivät. Tämän katsottiin johtuvan pääsuunnassa suoraan ajavien ajoneuvojen kohonneista nopeuksista, kääntyvien ajoneuvojen muodostamista näkemäesteistä sekä ylitettävän liittymäalueen levenemisestä sivusuunnassa.¹⁹

Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan onnettomuudet valaistussa T-liittymässä vähenivät 15-30 prosenttia, kun vasemmalle kääntyvien kaista merkittiin ajoratamaalauksin.²⁰

Päätien oikealle kääntyvien kaistan ei ole todettu merkittävästi vaikuttavan liikenneturvallisuuteen. Sivutien kanavoinnin on eräässä tutkimuksessa todettu vähentävän onnettomuuksia noin 10 prosenttia. Eri tutkimusten tulokset ovat kuitenkin keskenään ristiriitaisia.

Väistötila on T-liittymään pääsuunnalle rakennettava lyhyt leveäkaistainen osuus, joka mahdollistaa keskiviivan viereen ryhmittyneen, kääntymismahdollisuutta odottavan ajoneu-

von ohituksen sen oikealta puolelta. Väistötilan rakentamisen on todettu vähentävän onnettomuuksia 20-30 prosenttia.

4.2.7. Kevyen liikenteen väylä

Yleisten teiden henkilövahinkoon johtaneista onnettomuuksista noin 30 prosenttia (taajamissa 45 prosenttia) on kevyen liikenteen onnettomuuksia. Kevyen liikenteen erottaminen muusta liikenteestä omalle väylälleen on tehokas toimenpide konfliktien välttämiseksi. Tutkimusten mukaan oikein toteutettu kevyen liikenteen väylä vähentää jalankulkijaonnettomuuksia 30 - 40 prosenttia ja pyöräonnettomuuksia 40 - 60 prosenttia.

Erillisen kevyen liikenteen väylän tarve on harkittava tapauskohtaisesti. Asiaan vaikuttavat mm. kevyen liikenteen määrä, autoliikenteen määrä, raskaiden ajoneuvojen määrä, tien nopeustaso, tieluokka ja tien vaikutuspiirissä sijaitsevat kevyttä liikennettä synnyttävät kohteet (koulut, urheilukeskukset, teollisuuslaitokset jne.).

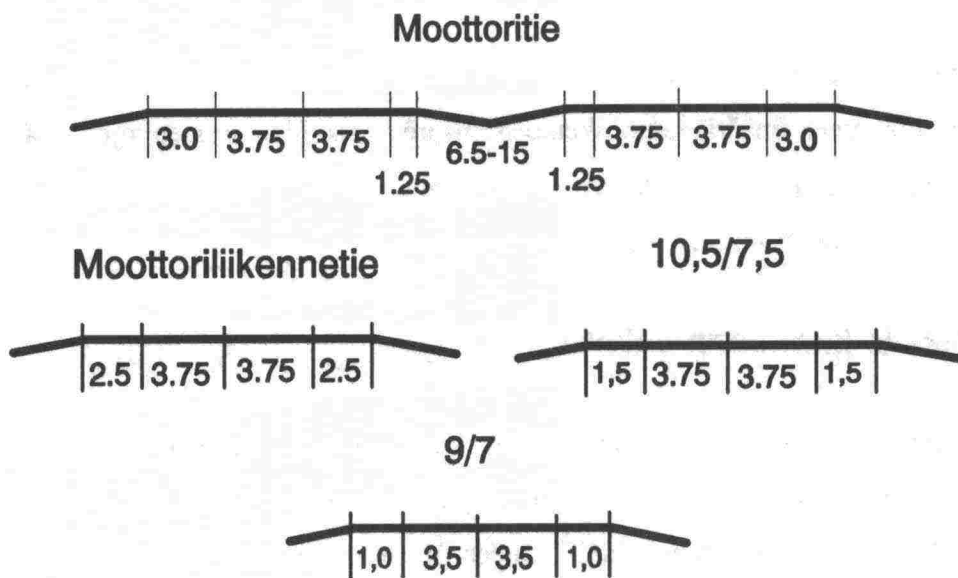
4.3. Poikkileikkauksen valinta

Maailmalta löytyy lähes kaikkia mahdollisia poikkileikkauksen, liikenteen rajoitusten (kulku- muotojen säännöstely, nopeusrajoitukset) ja liittymäjärjestelyjen (taso- tai eritasoliittymät) yhdistelmiä. Liikenneturvallisuuden ja liikenteen sujuvuuden kannalta on eduksi käyttää samalla alueella suhteellisen harvoja erilaisia tietyypppejä. Siksi kaikissa maissa on tavallisesti ns. normaalipoikkileikkaukset, joiden joukosta kulloinkin käytettävä poikkileikkaus valitaan.

Poikkileikkauksen valintakriteerit eri maissa vaihtelevat. Monissa maissa poikkileikkauksen määräävät lähes yksinomaan tiejakson merkitys ja tien toiminnallinen luokka. Tietyn luok- kaisten keskusten välillä on liikennemääristä riippumatta aina samantasoinen yhteys. Tiejak- sojen poikkileikkaukset valitaan näissä maissa tieverkkosuunnittelutasolla. Toisissa maissa - joihin Suomikin kuuluu - poikkileikkaus valitaan hankesuunnittelutasolla ja valinta perustuu tien toiminnallisen tehtävän lisäksi liikennetalouteen. Kullekin poikkileikkaukselle on, aina- kin teoriassa, määritelty liikennemääräalue, jolla sen liikennekustannukset suhteessa rakenta- miskustannuksiin ovat edullisimmat.

Poikkileikkauksen valinta Suomessa

Suomessa käytettävät normaalipoikkileikkaukset ja niiden valintakriteerit muuttuvat lähiaikoina tieluokituksen muutoksen myötä. Kuvassa 9 ja taulukossa 3 on esitetty valtateiden poikkileikkaukset ja niiden valintakriteerit. Alempiluokkaisten teiden poikkileikkauksista ei tätä kirjoitettaessa vielä ole päätetty.



Kuva 9. Valtateiden normaalipoikkileikkaukset Suomessa.

Taulukko 3. Valtatien poikkileikkauksen valintakriteerit Suomessa. Esim. poikkileikkaus 10.5/7.5 tarkoittaa, että koko tien leveys (pientareineen) on 10.5 metriä ja ajoradan leveys on 7.5 metriä.

Liikennemäärä (KVL) vuonna 2010, ajon./vrk	Poikkileikkaus	
	Sekaliikennetie	Moottoriväylä
alle 3 000	9/7	
3 000 - 10 000	10,5/7,5	Moottoriliikennetie
10 000 - 12 000	10,5/7,5 tai nelikais- tainen tie	Moottoriliikennetie tai moottoritie (4 kaistaa)
yli 12 000	Nelikaistainen tie	Moottoritie (4 kais- taa)
yli 40 000		Moottoritie (6 kais- taa)

Taulukko 3 on ainoastaan lähtökohta poikkileikkauksen valinnalle. Lisäksi valintaan vaikuttavat:

- vierekkäisten tiejaksojen poikkileikkaus
- liikenteen luonne (matkapituus, raskaan liikenteen osuus jne.)
- tiejakson kehittämisajatus (mahdolliseen toiseen rakennusvaiheeseen varautuminen)
- hitaiden ajoneuvojen (esim. maatalouskoneet) määrä
- kevyen liikenteen määrä
- työn aikaisen liikenteen järjestäminen tietä parannettaessa
- kunnossapidon vaatimukset
- maasto ja rakennettu ympäristö.

"Uudet" poikkileikkaukset

Keinovalikoima vilkasliikenteisiä tiejaksoja kehitettäessä on suppea. Kun kaksikaistainen tie alkaa ruuhkautua, sen liikennöitävyyttä voidaan jonkin verran parantaa karsimalla liittymiä, muuttamalla tasoliittymiä eritasoisiksi ja rakentamalla ohituskaistoja. Nämä toimenpiteet parantavat kuitenkin lähinnä ajomukavuutta, eivätkä lisää paljoakaan tien kapasiteettia. Kapasiteetin lisäämiseksi joudutaan usein rakentamaan uusi moottoritie. Olemassa oleva tie on vain harvoin niin hyvätasoinen, että se voidaan nelikaistaistaa. Uuden kaksikaistaisen tien

rakentaminen taas ei merkittävästi paranna liikenteen sujuvuutta, koska suurin osa liikenteestä siirtyy sille. Moottoritie on kallis, usein liian tasokas ratkaisu liikennemääriin nähden ja vie paljon tilaa. Moottoritie maksaa vähintään 2 - 3 kertaa enemmän kuin kaksikaistaisen tien rakentaminen tai parantaminen. Se välittää ruuhkautumatta ainakin nelinkertaisen määrän liikennettä kaksikaistaiseen tiehen verrattuna.

Em. syistä yritetään eri puolilla maailmaa parhaillaan löytää uusia ratkaisuja kaksikaistaisen tien ja moottoritien välille. Kokeiltavana on mm. *kolmikaistaisia* teitä ja *leveäkaistaisia* teitä. Kolmikaistaisilla teillä keskimäinen kaista on ajoratamaalauksin osoitettu ohituskaistaksi vuorotellen kummallekin ajosuunnalle. Leveäkaistaisilla teillä on esim. 5.5 metriä leveät kaistat. Tarkoituksena on, että normaalisti ajetaan ajoradan vasenta reunaa, jolloin ohittavien ajoneuvojen ei tarvitse ylittää keskikaistaa. Saksalaisten kokemusten mukaan näiden väli- poikkileikkausten välityskyky ei ole merkittävästi suurempi kuin tavallisten kaksikaistateiden, mutta ne tarjoavat samalla liikennemäärällä paremman palvelutason. Väli- poikkileikkaukset ovat saksalaisten tutkimusten mukaan turvallisempia kuin normaalit poikkileikkaukset. Kolmikaistatie on hieman turvallisempi kuin leveäkaistainen tie. Saksassa väli- poikkileikkausten käyttöalueen ylärajana pidetään 18 000 ajoneuvoa/vrk.²¹ Suomessa on kesällä 1991 aloitettu kolmikaistatiekokeilu Järvenpään ja Mäntsälän välisellä moottoriliikennetiellä (vt 4, vt 5).

Tien liikenteellisen palvelutason tarkistaminen

Taulukon 3 liikennemäärärajat eri poikkileikkauksille on valittu siten, että liikenteen palvelutaso tiellä on yhteyden merkitykseen nähden riittävä. Joskus on kuitenkin syytä tarkistaa, millaiseen liikenteen palvelutasoon valitulla poikkileikkauksella vallitsevissa maasto- olosuhteissa päädytään. Esimerkiksi mäkisellä, raskaan liikenteen suosimalla tiellä palvelutaso voi ohitusmahdollisuuksien puutteen vuoksi olla huono, vaikka mitoitus- taulukon kriteerit täyttyisivätkin. Jos kyse on yksittäisestä pitkästä mäestä, jossa liikenne jonoontuu, tilanne saattaa korjaantua "ryömintäkaistalla". Jos ongelma koskee koko tiejaksoa, on harkittava leveämpää poikkileikkausta ja sujuvampaa linjausta.

Taulukossa 4 on esitetty Highway Capacity Manualin (HCM) palvelutasoluokitus. Liikenneolosuhteet on jaettu kuuteen luokkaan A - F. Palvelutasolla A autoilija voi itse valita käyttämänsä nopeuden. Palvelutasolla F liikenne pysähtelee ja matelee. Pääkriteeri liikenteen

palvelutason määrityksessä on muun liikenteen viivyttämänä ajettu osuus matka-ajasta. Viivytystä on vaikea mitata liikenteestä, minkä vuoksi sen estimaattina käytetään jonossa ajavien osuutta eli jonoprosenttia. Suhteellisen viivytyksen lisäksi palvelutason kriteereinä käytetään toissijaisesti keskimääräistä matkanopeutta ja kapasiteetin käyttöastetta.

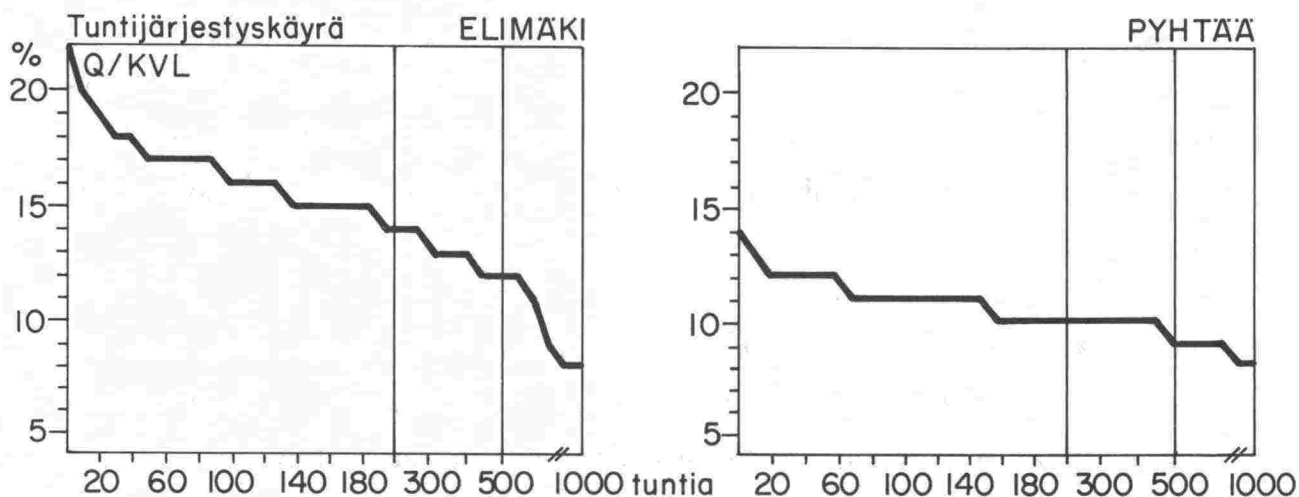
Liikenteen keskimääräinen matkanopeus laskee liikenteen kasvaessa vain vähän, kunnes liikenteen palvelutaso ja samalla keskinopeus jonkin häiriön (esim. kääntyvä ajoneuvo tai liikennevalot) vuoksi lopulta romahtavat. Pysähtelevä ja mateleva autojono ruuhkakohdassa alkaa purkautua vasta liikenteen hiljennyttyä niin paljon, että jonon peräpäähän saapuu vähemmän autoja kuin sen kärjestä lähtee liikkeelle. Koska autojonon purkautumisnopeus pysähdyksistä on pienempi kuin liikkeellä olevien autojen välityskyky, ruuhkan purkautuminen kestää tavallisesti tunteja. Ruuhkautuvilla teillä onkin tärkeätä pitää autot liikkeellä ("keep moving"). Tähän pitkälti perustuu palvelutasoero esim. tasoliittymän varustetun, geometrialtaan hyvän kaksikaistaisen tien ja jatkuvan liikennevirran periaatteella toimivan moottoriliikennetien välillä.

Tien liikenteellinen palvelutaso vuoden mitoittavana tuntina (Suomessa yleensä vuoden 100. vilkkain tunti) voidaan karkeasti tarkistaa *liitteenä 1* olevaa taulukkoa käyttäen tai tielaitoksen käyttämää Kehar-ohjelmaa käyttäen. Liitteen 1 taulukosta saadaan tiettyä palvelutasoa vastaava enimmäisliikennemäärä (KVL), kun tiedetään 100. vilkkaimman tunnin liikennemäärän osuus keskivuorokausiliikenteestä ko. tiejaksolla. Osuus on sitä suurempi, mitä enemmän viikonloppu- ja lomaliikennettä tiellä on. Tavallisesti se on 12 - 18 prosenttia, mutta yli 20 prosentin osuuksiakin esiintyy. *Kuvassa 10* on kaksi esimerkkiä pääteiden tuntijärjestyskäyristä.

Palvelutasoluokat A, B ja C tavallisesti hyväksytään mitoittavana tuntina. Palvelutaso D voidaan hyväksyä tarkan harkinnan jälkeen. Palvelutasoluokkia E ja F ei tule hyväksyä uusia teitä mitoittaessa. Olemassa olevilla teillä on toki osuuksia, joiden palvelutaso mitoittavana tuntina on E tai F. Uuden tai parannettavan tien tavoitteellinen palvelutaso ja palvelutason "sieto" olemassa olevalla tiellä ovat eri asioita.

Taulukko 4. Liikenneolot eri palvelutasoluokissa kaksikaistaisilla teillä.²²

Palvelutasoluokka	Liikenneolot	Matka-ajan osuus, joka ajetaan muun liikenteen viivytämänä (%)
A	Autoilijat voivat ajaa haluamillaan nopeuksilla. Ohitusmahdollisuuksia on paljon useammin kuin ohitustarpeita. Ihanteellisissa oloissa palvelutason maksimiliikennemäärä on 420 henkilöautoa tunnissa (molemmat suunnat yhteensä).	alle 30
B	Ohituspaikkojen määrä alkaa vaikuttaa nopeuksiin. Palvelutasojen B ja C rajalla ohitusmahdollisuuksia ja -tarpeita on suunnilleen yhtä paljon. Maksimiliikennemäärä ihanteellisissa oloissa on 750 henkilöautoa tunnissa. Tätä suuremmilla liikennemäärillä jonojen määrä lisääntyy nopeasti.	30 - 45
C	Jonot yleistyvät, pitenevät ja alkavat liikenteen lisääntyessä lopulta kasvaa yhteen. Ohituspaikkoja on yhä harvemmin. Kääntyvät ja hitaasti ajavat autot aiheuttavat yhä useammin häiriöitä liikennevirtaan. Liikennevirta on silti edelleen vakaa. Maksimiliikennemäärä ihanteellisissa oloissa on 1 200 henkilöautoa tunnissa.	45 - 60
D	Vastakkaisten ajosuuntien liikennevirrat tulevat vähitellen toisistaan riippumattomiksi, koska ohittaminen on vastaan tulevien autojen vuoksi lähes mahdotonta. Huonot näkemät vähentävät vain vähän ohituksia. Ohitustarvetta on erittäin paljon, ohituspaikkoja tuskin lainkaan. Jonoissa on keskimäärin 5 - 10 autoa. Liikennevirta on erittäin häiriöaltis. Maksimiliikennemäärä ihanteellisissa oloissa on 1 800 henkilöautoa tunnissa. Tämä on suurin liikennemäärä, minkä tie ihanteellisissa oloissa välittää ilman, että riski liikenteen palvelutason romahdukselle on suuri.	60 - 75
E	Palvelutaso E on tavallisesti vain lyhyt välivaihe ennen siirtymistä palvelutasolle F. Liikenneoloja on vaikea ennustaa; pienikin häiriö voi aiheuttaa liikenteen palvelutason romahduksen. Ohittaminen on mahdotonta. Hitaiden ajoneuvojen perään kertyy pitkiä jonoja. Ihanteellisissa olosuhteissa palvelutason maksimiliikennemäärä on 2 800 henkilöautoa tunnissa, mikä on samalla tien kapasiteetti.	yli 75
F	Liikenne matelee ja pysähtelee. Tien välityskyky ja liikenteen keskinopeus ovat romahtaneet.	100



Kuva 10. Liikenteen tuntijärjestyskäyrät Elimäellä valtatiellä 6 ja Pyhtäällä valtatiellä 7 vuonna 1987.

Mitoittavan tunnin palvelutason lisäksi liikenteen sujuvuutta tiellä voidaan kuvata esim. ruuhkasuorituksen osuudella (palvelutasoilla E tai F ajetun liikennesuorituksen osuus) tai ruuhkapäivien lukumäärällä vuodessa. Tielaitos käyttää liikenneolojen arviointiin tietokoneohjelmia, esim. Kehar-ohjelmistoa ja sen kehittyneempää versiota Ivar-ohjelmistoa. Nämä jonkin verran yksinkertaistavat tien ominaisuuksien, liikennemäärän ja palvelutason välistä yhteyttä, mutta soveltuvat kuitenkin hyvin suunnittelun apuvälineiksi.

4.4. Vaiherakentaminen

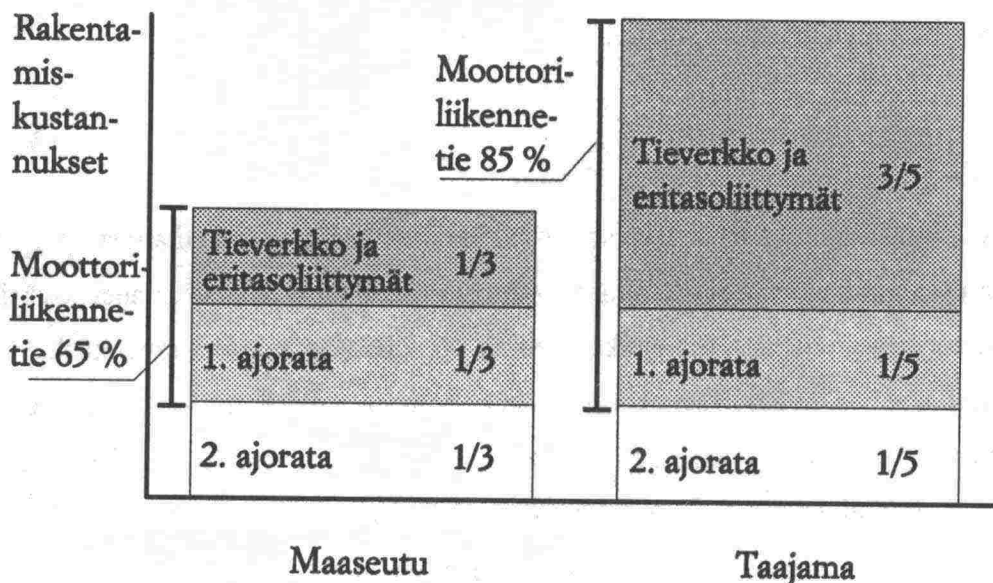
Poikkileikkauksen vaiheittaisella rakentamisella tarkoitetaan tien rakentamista lopulliseen leveyteensä useammassa vaiheessa, esim. moottoritien rakentamista ensi vaiheessa yksiajoraitaisena moottoriliikennetienä. Vaiherakentamisella tavoitellaan säästöjä rakennuskustannuksissa. Toisaalta myös tiehankkeen hyödyt, esim. säästöt ajokustannuksissa pienenevät ja lopputilanteen ratkaisu tulee vaiheittain rakennettuna 15 - 20 % kalliimmaksi kuin kerralla toteutettuna. Poikkileikkauksen vaiherakentamisen erikoistapauksena voidaan pitää olemassa olevan tien parantamista ennen uuden tien, esim. moottoriliikennetien rakentamista.

Vaiherakentamisen edullisuus on harkittava kussakin tapauksessa erikseen ottaen huomioon mm. ensimmäisen vaiheen investoinnin hyötykustannussuhde, ensimmäisen vaiheen arvioitu

käyttöaika, tien myöhemmän leventämisen aiheuttama haitta liikenteelle sekä ensimmäisessä vaiheessa tehtävien hukkainvestointien määrä.

Yleensä edellytetään, että ensimmäiselle vaiheelle jää käyttöaikaa vähintään kymmenen vuotta. Tässä ajassa investoinnin arvioidaan maksaneen itsensä takaisin. Takaisinmaksuajan pituus riippuu mm. välivaiheen investoinnin suuruudesta: halvat toimenpiteet maksavat itsensä nopeammin kuin kalliit.

Moottoritien kustannusten muodostuminen käy ilmi *kuvasta 11*. Taajamissa eritasoliittymistä ja tieverkkojärjestelyistä aiheutuu enemmän kustannuksia kuin maaseudulla. Siksi moottoriliikennetie maksaa taajamissa noin 85 % moottoritien hinnasta, kun vastaava osuus maaseudulla on noin 65 %. Taajamissa kannattaa siksi usein jo ensi vaiheessa rakentaa moottoritie varsinkin, kun moottoritien välityskyky on moninkertainen moottoriliikennetiehen verrattuna. Myös mm. liittymien suuri määrä ja vaiheittaisen rakentamisen lisäkustannukset (15 - 20 %) puoltavat tällaista ratkaisua taajamissa.



Kuva 11. Moottoritien rakentamiskustannusten muodostuminen maaseudulla ja taajamissa.²³

5. TIEN PÄÄSUUNNAN SUUNNITTELU

5.1. Yleistä

Pääsuuntaselvityksen laatimisvaiheet on selostettu kohdassa 1.2. Tielinja rajataan pääsuuntaselvityksessä vapailla alueilla noin 500 - 1 000 metriä leveään maastokäytävään. Ahtaissa paikoissa, esim. asutuilla alueilla suunnittelu on tarkempaa. Geometrialtaan tie suunnitellaan niin tarkkaan, että tarkempi suunnittelu myöhemmissä suunnitteluvaiheissa ei siirrä tielinjaa maastokäytävän ulkopuolelle. Samoin liittymät ja tieverkkojärjestelyt on suunniteltava niin tarkasti, että esitettyjen ratkaisujen toteutuskelpoisuus voidaan varmistaa eikä tarkempi suunnittelu myöhemmin oleellisesti muuta esitettyä ratkaisua.¹

Selvitystyön alussa määritetään työn tavoitteet. Pääsuuntavaihtoehtojen hyvyttä arvioidaan vertaamalla niiden vaikutuksia asetettuihin tavoitteisiin. Tavoitteet voivat koskea esim. tavoiteltavaa parannusta liikenneoloissa, ympäristöön kohdistuvia vaikutuksia, taajamien kytkemistä uuteen tiehen tai käytännön suunnittelutyötä. Yleensä uuden tien liikenteellinen tavoitetaso (esim. moottoriliikennetie) on määritelty jo ylemmänasteisessa suunnitelmassa, esim. valtatieverkon kehittämissuunnitelmassa, eikä linjausvaihtoehdoilla tällöin yleensä ole liikenteen kannalta suuria eroja. Tavoitteissa on silloin pääpaino tien ja liikenteen haittojen minimoinnilla. Tavoitteet tulisi muotoilla niin, että niiden toteutumista voidaan myöhemmin mitata. Tavoitteeksi voidaan esim. asettaa, että tien melualueella asuvien määrä ei ylitä tiettyä lukuarvoa.²⁴

Pääsuunta, josta tarkempia suunnitelmia aletaan laatia, valitaan pääsuuntaselvityksen ja siitä saatujen lausuntojen perusteella. Jo suunnittelun kuluessa karsitaan yleensä huonoimpia pääsuuntavaihtoehtoja. Suunnittelun aikaiset karsinnat tulee tehdä yhteisymmärryksessä suunnitteluun osallistuvien sidosryhmien kesken. Muuten jo karsitut vaihtoehdot saattavat tulla uudelleen esiin suunnittelun loppuvaiheissa tai lausuntokierroksen aikana.

Myös yleisölle järjestetään tiedotustilaisuuksia tai suunnitelmanäyttelyitä suunnittelun kuluessa. Näin tiehankkeen lähipiirin asukkaat saavat tilaisuuden vaikuttaa oman kuntansa virka- ja luottamusmiehiin ja sitä kautta kunnan kannanottoihin. Kunnan lopullisen kannan ottaa kunnanvaltuusto suunnitelman valmistuttua.

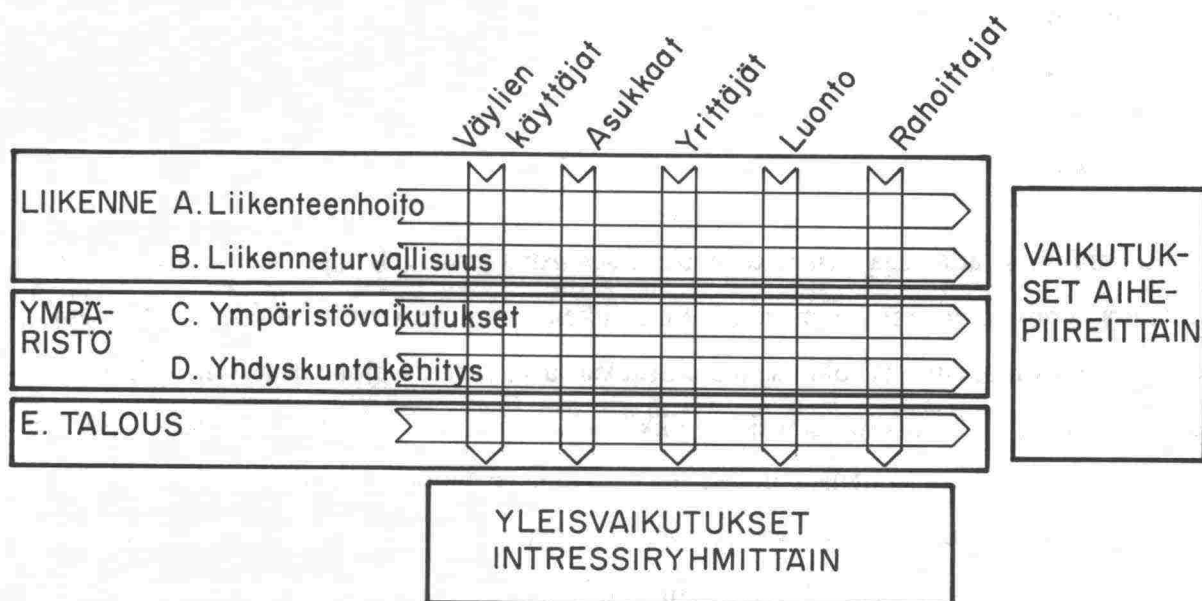
5.2. Pääsuuntavaihtoehtojen vaikutusten selvittäminen

Uuden tien linjausvaihtoehtojen vertailemiseksi selvitetään vaihtoehtojen vaikutukset eli mm. niiden rakennuskustannukset, rakennettuun ja luonnon ympäristöön kohdistuvat vaikutukset, vaikutukset liikenteen sujuvuuteen ja liikenneturvallisuuteen sekä mahdollisuudet tiejakson vaiheittaiseen toteuttamiseen. Uusia linjauksia verrataan ns. 0+ -vaihtoehtoon eli nykyisen tien "kevyeen" parantamisvaihtoehtoon. Joskus vaihtoehtona voi uuden tien linjausvaihtoehtojen lisäksi olla nykyisen tien "järee" parantaminen (sama tavoitetaso kuin uusilla linjauksilla). Tällainen vaihtoehto on täysin verrannollinen uusien linjausten kanssa.²⁴

Pääsuuntavaihtoehtojen vaikutukset selvitetään niin tarkkaan, että vaihtoehtojen väliset erot saadaan esiin. Tarkemmat selvitykset eivät yleensä tuota lisää käyttökelpoista tietoa pääsuuntien vertailuun. Esim. linjausten vaikutusalueen eläimistöä ja kasvistoa ei ole tarpeen kartoittaa, ellei vaihtoehtoilta ole syytä olettaa olevan merkittäviä eroja tässä suhteessa.

Vaikutuksia voidaan tarkastella joko *aihepiireittäin* tai *kohderyhmittäin* (kuva 12). Aihepiirejä ovat esim. liikenne, ympäristö ja yhdyskunnan kehitys. Kohderyhmiä vastaavasti tienkäyttäjät, asukkaat, yrittäjät, luonto ja rahoittajat. Tiehankkeen vaikutukset näyttävät erilaisilta eri näkökulmista katsottuna. Esim. yritys-elämä on kiinnostunut parantamaan toimintaedellytyksiään. Paikalliset asukkaat sen sijaan ovat huolissaan uuden tien alleen jättämästä maa-alasta, melu- ja päästöhaitoista sekä paikallisten kulkuyhteyksien heikkenemisestä uuden tien katkoessa olemassa olevia yhteyksiä.²⁵

Tiehankkeen vaikutukset voidaan niiden aikajänteen perusteella jakaa välittömiin ja välillisiin vaikutuksiin. Välittömät vaikutukset, esim. matka-aikojen lyheneminen, tulevat esiin heti tien valmistuttua. Välilliset vaikutukset, esim. yritysten ja väestön uudelleen sijoittuminen, alkavat tavallisesti vasta vuosien kuluttua. Välittömien vaikutusten olemassaolo on edellytys välillisten vaikutusten synnylle.²⁶



Kuva 12. Vaikutusten jako aihepiireittäin ja kohderyhmittäin.²⁵

Välilliset vaikutukset voidaan edelleen jakaa *jakauma-* ja *nettovaikutuksiin*. Jakaumavaikutuksista on kyse, kun tiehanke muuttaa voimasuhteita tietyllä alueella, mutta ei varsinaisesti synnytä mitään uutta. Tie voi esim. parantaa tietyn kunnan tai taajaman yhteyksiä ja nopeuttaa sen kehitystä. Samalla kuitenkin uuteen tiehen epäedullisemmin sijaitsevien keskusten asema heikkenee. Suurin osa tiehankkeiden alue- ja yhdyskuntarakenteeseen kohdistuvista vaikutuksista on tällaisia jakaumavaikutuksia. Vaikutukset ovat nettovaikutuksia, kun tiehanke mahdollistaa kokonaan uusien resurssien käyttöönoton, eikä ainoastaan muuta vallitsevaa tasapainotilannetta. Nettovaikutuksia voi syntyä esim., kun tie tehostaa luonnonvarojen käyttöä.²⁶

Tiehankkeen vaikutusalueen oikea raja on tärkeää. Vaihtoehtojen vaikutuksia tulee tarkastella koko sillä alueella, jolla vaikutuksia esiintyy.

Seuraavassa on aihepiireittäin tarkasteltu tiehankkeiden vaikutuksia.

Rakentamiskustannukset

Rakentamiskustannukset arvioidaan tässä suunnitteluvaiheessa karkeasti: tielinjan rakentamiskustannukset lasketaan mm. maastosta ja tietyypistä riippuvien keskimääräisten kilometri-

kustannusten avulla; siltojen, eritasoliittymien ja muiden taitorakenteiden kustannukset arvioidaan tarkemmin.

Liikennöitävyys

Liikennöitävyys tarkoittaa tien liikenneoloja sellaisina kuin tielläliikkuja ne kokee. Liikennöitävyys koostuu useasta elementistä, mm. liikennevirran nopeusvaihteluista, nopeusrajoituksista, matkanopeudesta, ohitusmahdollisuuksista ja jonossa ajon määrästä. Yleensä tien ruuhkautuminen johtuu siitä, että tien poikkileikkaus ei kykene välittämään kasvavia liikennemääriä. Maaseutuolosuhteissa uuden tien eri linjausvaihtoehtojen liikennöitävyudessa on harvoin olennaisia eroja. Eroja voi syntyä, jos jotkin linjaukset sijaitsevat muita mäkisemässä maastossa tai jos joillekin linjauksille sijoittuu enemmän liikennettä kuin toisille.

Liikennöitävyyseroja on sen sijaan uusien linjausten ja nykyisen tien parantamisen välillä. Tämä johtuu osaksi uuden tien paremmasta tasosta ja osaksi liikenteen jakautumisesta uuden ja vanhan tien kesken. Esim. uutta moottoriliikennetietä rakennettaessa vanha tieyhteys jää yleensä paikallisen liikenteen käyttöön. Moottoriliikennetiele siirtyy keskimäärin 80 % liikenteestä.

Paikallisliikenteen olosuhteet

Uusi tie voi katkoa olemassa olevia kulkuyhteyksiä. Vaihtoehtojen välillä voi olla eroja siinä, kuinka hyvin katkenneet yhteydet saadaan korvattua. Eri linjausvaihtoehdoissa taajamat saatetaan kytkeä uuteen tiehen eri tavalla. Tällä saattaa olla välillisiä vaikutuksia taajamien kehitykseen.

Liikenneturvallisuus

Eri suuntausvaihtoehtojen liikenneturvallisuudella ei yleensä ole merkittävää eroa, elleivät vaihtoehdot ole selvästi eri pituisia. Sen sijaan nykyisen tien parantamisen ja uuden tien rakentamisen välillä yleensä on eroja.

Luonnonympäristö

Tien rakentaminen ja liikenne muuttavat ja kuormittavat ympäristöä monin tavoin. Myös muu maankäyttö muuttaa ympäristöä, minkä vuoksi ympäristövaikutuksia arvioitaessa tulee ottaa huomioon mahdolliset yhteisvaikutukset.²⁵

Tien rakentamisen välittömiä vaikutuksia ovat maiseman muutokset, kasvillisuuden poisto, maankaivu, louhinta ja maantäyttö. Tielinjan ulkopuolella otetaan soraa, louhitaan ja läjitetään rakentamiseen kelvottomia maa-aineksia. Vesistöjen ylitykset voivat aiheuttaa muutoksia virtaamissa. Luontoa kuormittaa lisäksi mm. tierakenteen kuivatus ja tien päällystys.²⁵

Tien valmistuttua liikenne aiheuttaa päästöjä, melua ja tärinää. Tien kunnossapidossa suolaus saattaa vahingoittaa tienvarren kasvistoa ja pilata pohjavettä. Lisäksi tiet ja liikenne voivat katkaista eläinten luonnollisia kulkureittejä.²⁵

Kunkin pääsuuntavaihtoehdon kaikki em. luonnonympäristöön kohdistuvat vaikutukset selvitetään. Tiehankkeiden ympäristövaikutusten arvioimiseksi on otettu käyttöön erityinen YVA-menettely. Sen keskeisenä osana ovat lääneissä toimivat työryhmät, jotka ottavat kantaa kussakin tiehankkeessa tarvittavien ympäristöselvitysten laajuuteen ja laadittujen selvitysten riittävyyteen.²⁵

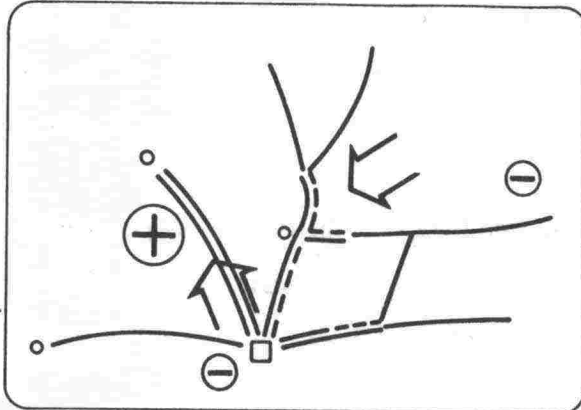
Yhdyskuntarakenne ja maankäyttö

Tiehankkeet aiheuttavat muutoksia kuntien, taajamien ja taajaman osien välisissä voimasuhteissa. Esim. uuden moottoritien liittymien lähellä sijaitsevien taajamien asema paranee syrjäisempien taajamien kustannuksella. Tämän seurauksena yrityksiä, työpaikkoja ja väestöä saattaa siirtyä syrjään jääneistä taajamista liittymien läheisyydessä sijaitseviin taajamiin ja kauemmaksikin. Matka-ajan lyhenemisen vuoksi ostovoimaa saattaa siirtyä pienemmistä taajamista suuriin kaupunkikeskuksiin, mikä pitkällä aikavälillä vaikuttaa kaupallisten palvelujen tarjontaan seudulla. Toisaalta kaupunkien läheiset taajamat saavat uusia asukkaita työ-
säkäyntialueen laajenemisen vuoksi.

Taajaman sisällä voi alkaa samanlainen kehitys. Uusi tie liittymineen vetää puoleensa toimintoja. Ensin siirtyvät ohikulkijoille tarkoitetut palvelut, sitten pienteollisuus. Usein syntyy varsinaisesta kuntakeskuksesta erillinen "tienvarsikeskus", jolloin taajaman rakenne alkaa hajota. Yhdyskuntarakenteen hajoamista voidaan yrittää hillitä kaavoituksen avulla tai liittymiä säännöstelemällä. Käytännössä tämä on osoittautunut erittäin vaikeaksi.²⁷

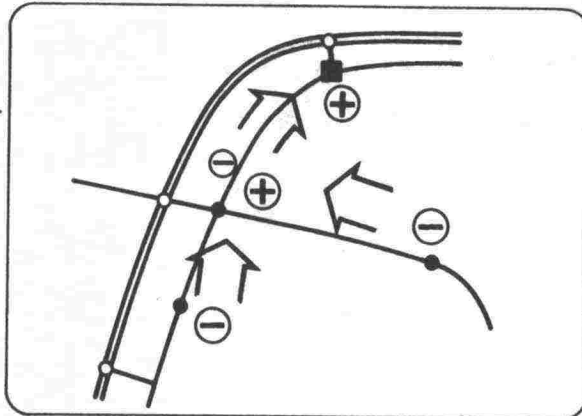
Valtakunnan taso

- Moottoritiet vahvistavat vaikutusalueensa valtakunnallista asemaa
- Kehittyvin Suomi saat-
taa keskittyä Helsinki-
Tampere -akselille



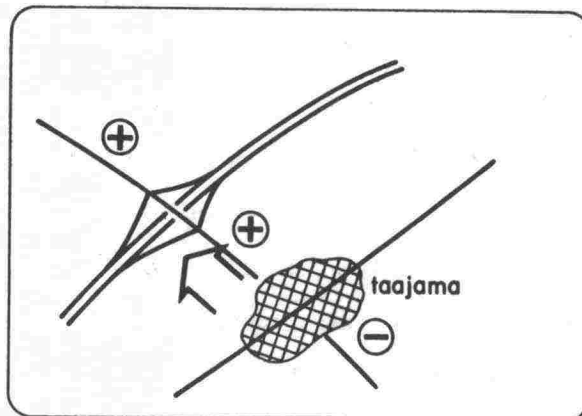
Seututaso

- Liittymiin nähden edullisesti sijaitsevat alueet hyötyvät - syrjäiset taajamat taantuvat
- Kaupungeissa käydään ostoksilla entistä kauempaa



Paikallistaso

- Taajamat hajoavat eritasoliittymän suuntaan



Kuva 13. Tiehankkeen vaikutukset aluerakenteeseen.

Tien ja liikenteen vaikutuksia rakennettuun ympäristöön ovat lisäksi mm. saasteet ja melu, estevaikutukset ja muutokset taajamakuvas-
sa.

Mahdollisuudet vaiheittaiseen rakentamiseen

Eri suuntausvaihtoehdot tarjoavat usein erilaiset mahdollisuudet pitkän tiejakson vaiheittaiseen rakentamiseen. Vaiheittaisen rakentamisen kannalta on eduksi, jos uusi tie kyetään kytkemään nykyiseen tiehen kohdissa, joissa nykyisen tien taso tai liikennemäärät muuttuvat olennaisesti. Tällöin tiejakson palvelutasoa kyetään nostamaan vaiheittain rakentamalla uutta tietä väleille, joilla liikennöitävyys on heikoin.

Liikennetalous

Linjausvaihtoehdoille voidaan laskea taloudellisia tunnuslukuja, kuten *hyötykustannussuhde* ja *ensimmäisen vuoden tuottoaste*. Ne kuvaavat vaihtoehtojen hyvyttä liikennetalouden näkökulmasta. Hyötykustannussuhde tarkoittaa laskenta-ajanjaksolta (esim. 20 vuotta) kertyvien, tien valmistumisvuoteen diskontattujen säästöjen suhdetta rakentamiskustannuksiin. Ensimmäisen vuoden tuottoaste on tien ensimmäisen käyttövuoden säästöjen suhde rakentamiskustannuksiin. Paras tuotto saadaan suuntausvaihtoehdosta, jonka hyötykustannussuhde tai ensimmäisen vuoden tuottoaste on suurin. Liikennetaloudellisissa laskelmissa otetaan nykyisin huomioon rakentamis-, ajoneuvo-, aika-, onnettomuus- ja kunnossapitokustannukset. Laskelmia kehitetään parhaillaan yhteiskuntataloudellisiksi niin, että tien kaikki hyödyt ja haitat (esim. kerrannaisvaikutukset yritys- ja elämälle, melu ja päästöt) voitaisiin mahdollisimman kattavasti sisällyttää laskelmiin. Melu- ja päästövaikutukset on vuodesta 1992 alkaen otettu huomioon laskelmissa. On huomattava, että uusi tie *vähentää* meluhaittaa, jos tieyhteys siirtyy taajamasta harvemmin asutulle alueelle (esim. ohikulkutie).

Kannattavuuslaskelmat ovat herkkiä tien pituuden muutoksille. Kannattavimmaksi osoittautuu yleensä linjausvaihtoehto, joka on lyhin.

Taulukossa 5 on ajokustannusten (= ajoneuvo-, aika- ja onnettomuuskustannusten) laskennassa käytettäviä yksikkökustannuksia. Keskimäärin 70 prosenttia tiehankkeiden ajokustannussäästöistä kertyy pienentyneistä aikakustannuksista. Ajalle käytetään erilaisia yksikköhintoja

matkan tarkoituksesta riippuen. Kalleinta aika on työasiamatkoilla. Sen tuntihinta ajoneuvoa kohden on noin viisinkertainen muihin matkaryhmiin verrattuna.

Taulukko 5. Esimerkkejä ajoneuvo-, aika- ja onnettomuuskustannusten laskennassa käytettävistä yksikkökustannuksista (kustannustaso: vuosi 1991).²⁸

Kustannuslaji	Ajoneuvotyyppi, matkan tarkoitus tms.	Yksikkökustannus
Ajoneuvokustannus	henkilö- tai pakettiauto	73,5 p/km
	linja- tai kuorma-auto	339,6 p/km
Aikakustannus	työajan matka henkilöautolla	145,50 mk/tunti /auto
	vapaa- tai loma-ajan matka henkilöautolla	23,70 mk/tunti/auto
Onnettomuuskustannus	Kuollut	7,4 milj.mk
	Henkilövahinko-onnettomuus	934 000 mk
	Tieliikenneonnettomuus keskimäärin	305 000 mk

6. TIEN GEOMETRIAN SUUNNITTELU

6.1. Yleistä

Pääsuuntaselvityksen perusteella valittuun maastokäytävään suunnitellaan yleissuunnittelussa useita vaihtoehtoisia linjauksia. Linjausten maastokäytävän leveys on nyt keskimäärin 50 metriä, kun se pääsuuntaselvityksessä oli kymmenkertainen. Tarkemman suunnittelun ansios- ta vaihtoehtojen vaikutukset voidaan arvioida aikaisempaa paremmin. Linjausvaihtoehtoja vertaillaan samaan tapaan kuin pääsuuntaselvityksessä.¹

Yleissuunnitelmassa esitetään tien suuntaus, aluevaraukset, uuden yhteyden liittyminen muuhun tieverkkoon ja tarvittavat tiejärjestelyt, liikennetekninen mitoitus sekä hankkeen vaikutukset.¹

Tie- ja rakennussuunnittelussa selviää tien lopullinen sijainti. Suunnitelma laaditaan niin tarkaksi, että rakennustyö voidaan yksityiskohtiaan myöten toteuttaa sen mukaisesti.¹

Tielinjan, tasauksen ja sivukaltevuuden suunnittelu

Tien geometrian suunnittelulla tarkoitetaan sen linjauksen, tasauksen ja sivukaltevuuden suunnittelua.

Tielinjalla tarkoitetaan suorien ja kaarteiden muodostamaa linjaa, joka osoittaa tien sijainnin suunnitelmakartalla tai maastossa. Yksiajorataisella tiellä tielinja tarkoittaa yleensä ajoradan keskiviivaa. Kaksiajorataisella tiellä tielinja osoittaa keskikaistan keskikohdan tai se sijaitsee vakioetäisyydellä toisen ajoradan keskiviivasta. Suunnittelumittakaava on yleensä 1 : 2 000.⁸

Tasausviiva osoittaa tien pinnan korkeusaseman tien pituussuunnassa. Tien tasausviiva muodostuu suorista ja pyöristyskaarista. Tasausta suunnitellaan tien pituusleikkaukseen, johon on merkitty myös maanpinnan korkeusvaihtelut. Pituusleikkauksen mittakaava pituussuunnassa on sama kuin kartassa, mutta korkeussuunnassa tähän nähden kymmenkertainen eli yleensä 1 : 200. Tielinja ja tasausviiva sijaitsevat tavallisesti tien poikkileikkauksen samassa kohdassa. Mikäli ajoradat ovat kaukana toisistaan, saattaa olla tarpeen suunnitella molemmille omat tielinjansa ja tasausviivansa. Tämä on välttämätöntä, jos ajoradat sijaitsevat eri korkeuksilla.⁸

Tien sivukaltevuudella tarkoitetaan ajoradan ja pientareen pintojen kaltevuutta tielinjaan nähden kohtisuorassa tasossa. Sivukaltevuus merkitään suunnitelmaan graafisena esityksenä, joka kertoo kummakin kaistan prosentuaalisen kaltevuuden kussakin tien kohdassa. *Viettokaltevuudella* tarkoitetaan pituus- ja sivukaltevuuksien vektorisummaa.⁸

6.2. Vaaka- ja pystygeometrian suunnittelu

6.2.1. Mitoitusnopeus

Mitoitusnopeus on teoreettinen nopeus, jonka perusteella määritetään tien geometrian suunnittelussa käytettävät vähimmäisarvot. Mitoitusnopeuden tulee liikenneturvallisuuden vuoksi aina olla vähintään yhtä suuri kuin keskimääräinen ajonopeus tai nopeusrajoitus. Mitoitusnopeus määräytyy tien toiminnallisen luokan mukaan: mitä korkeampiluokkainen tie, sitä suurempi mitoitusnopeus. Korkealuokkaisilla teillä on paljon pitkämatkaista liikennettä, joka haluaa selviytyä matkastaan mahdollisimman nopeasti. Toiminnallisen luokan lisäksi mitoitusnopeuteen vaikuttaa tieympäristö. Taajamien läheisyydessä mitoitusnopeus on alhaisempi

kuin maaseudulla. Suomessa mitoitusnopeudet eri toiminnallisissa luokissa ovat *taulukon 6* mukaiset.^{8, 29}

Taulukko 6. Mitoitusnopeudet taajamien ulkopuolella.

Toiminnallinen luokka	Mitoitusnopeus (km/h)
Moottoriväylät	100 - 140
Päätiet	80 - 100
Seudulliset tiet	60 - 100
Paikallisväylät	50 -

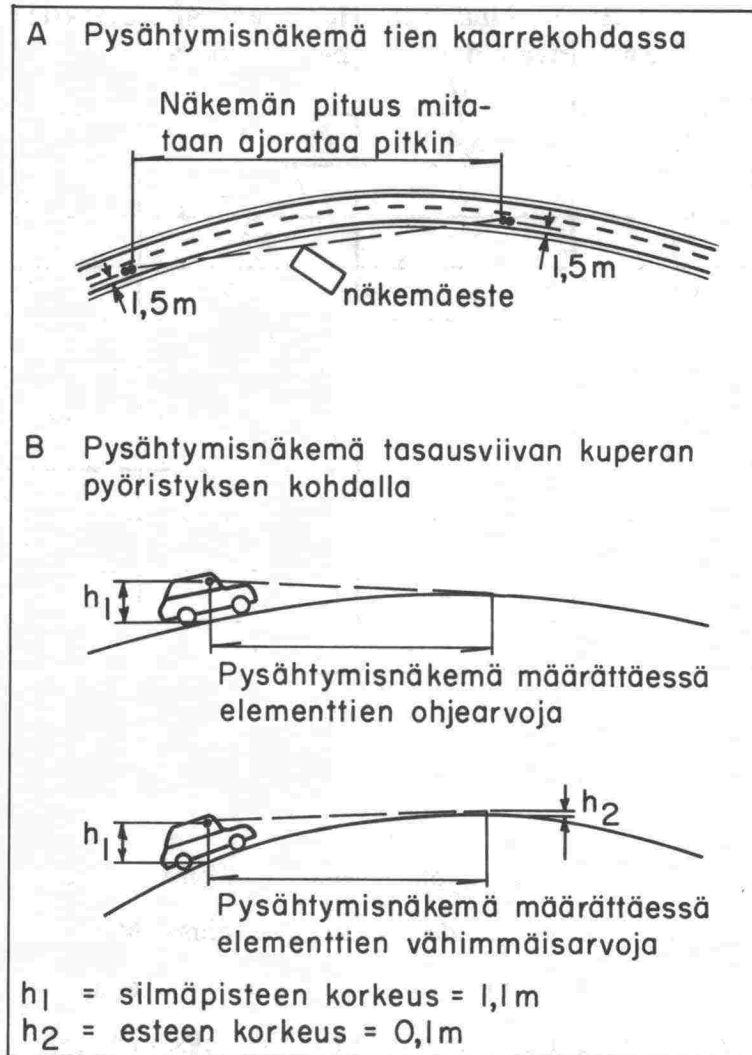
6.2.2. Näkemät

Näkemällä tarkoitetaan ajorataa pitkin mitattua matkaa, minkä etäisyydelle ajoneuvon kuljettajan tulee voida nähdä ajoradalla oleva este minkään rakenteen, leikkausluiskan, kasvillisuuden, lumen tms. estämättä. Liikenneturvallisuus ja liikenteen sujuvuus edellyttävät, että tietyt miniminäkemävaatimukset täyttyvät tiellä. Kulloinkin tarvittava näkemä riippuu toisaalta kuljettajan ja ajoneuvon ominaisuuksista (kts. luku 3. Ajotekniset perusarvot) ja toisaalta liikennetilanteesta (esim. pysähtyminen tai ohitus).

Pysähtymisnäkemä

Jokaisessa tien kohdassa kuljettajan on nähtävä eteenpäin vähintään ajoneuvon pysähtymiseen tarvittavan matkan verran. Pysähtymistarpeen voi aiheuttaa esim. tiellä oleva rikkinäinen ajoneuvo.

Kuvasta 14 käy ilmi *pysähtymisnäkemän* määritystapa. Vähimmäisarvoja määrittäessä on katsottu riittävän, että kuljettaja näkee pysähtymismatkan etäisyydeltä vähintään 10 cm:n korkuisen esteen. *Taulukosta 7* käyvät ilmi mitoituspysähtymismatkat Suomessa eri mitoitusnopeuksilla sekä näitä laskettaessa käytetyt ajotekniset perusarvot.



Kuva 14. Pysähtymisnäkemän mittaaminen.

Taulukko 7. *Mitoituspysähtymismatkat mitoitusnopeuksittain Suomessa sekä näitä laskettaessa käytetyt ajotekniset perusarvot.*

Mitoitusnopeus (km/h)	Mitoituspysähtymisnäkemä (m)	Keskimääräinen hidastuvuus (m/s ²)	Keskimääräinen kitkakerroin	Reaktioaika (s)
40	45	3,4	0,35	2
50	60	3,3	0,34	2
60	75	3,2	0,33	2
70	95	3,1	0,32	2
80	120	3	0,31	2
90	150	2,9	0,3	2
100	180	2,9	0,3	2
110	215	2,9	0,3	2
120	250	2,9	0,3	2
130	295	2,9	0,3	2
140	355	2,9	0,3	2

Kohtaamisnäkemä

Kohtaamisnäkemällä tarkoitetaan matkaa, joka tarvitaan kahden vastakkaisiin suuntiin ajavan ajoneuvon pysäyttämiseen ilman että nämä törmäävät toisiinsa. Mitoituskohtaamisnäkemä saadaan kertomalla mitoituspysähtymisnäkemä kahdella. Kohtaamisnäkemää mitattaessa kuljettajan silmäpisteen ja vastaantulevan ajoneuvon korkeuksiksi oletetaan 1,1 metriä.

Kaksisuuntaiselle liikenteelle tarkoitetuilla yksiajokaistaisilla teillä on joka kohdassa oltava vähintään mitoituskohtaamisnäkemä. Kohtaamisnäkemä on mitoittava vain matalanopeuksilla teillä.

Ohitusnäkemä

Kaksikaistaisilla teillä autot joutuvat ohituksen aikana käyttämään vastaantulevan liikenteen kaistaa. Kuljettajan on siksi ohitukseen ryhtyessään nähtävä tarpeeksi pitkälle eteenpäin, jotta ohitus voidaan sen aikana näkyviin tulevista vastaantulevista ajoneuvoista huolimatta viedä turvallisesti päätökseen. *Ohitusnäkemällä* tarkoitetaan näkemää, jonka autoilija tarvitsee voidakseen turvallisesti ohittaa edellään kulkevan ajoneuvon niin, ettei ohituksen alkamishet-

kellä näkyviin tulevan, vastakkaiseen suuntaan kulkevan ajoneuvon tarvitse vähentää nopeuttaan.

Ohitusnäkemä mitataan samalla tavalla kuin kohtaamisnäkemä eli kuljettajan silmäpisteen ja vastaantulevan ajoneuvon korkeuksiksi oletetaan 1,1 metriä. Turvallisen ohitusnäkemän pituuteen vaikuttavat eniten

- ohitettavan ajoneuvon nopeus
- ohittavan ajoneuvon nopeus ja kiihtyvyys
- vastaantulevan ajoneuvon nopeus
- ohituksen aloittamistapa
- kuljettajan reaktioaika
- ohittavan ja ohitettavan ajoneuvon välinen etäisyys ennen ja jälkeen ohituksen
- sää- ja keliolot ja
- tien pituuskaltevuus.

Ohitusnäkemä koostuu ohittavan ajoneuvon reaktioaikana ja ohitusaikana kulkemasta matkasta sekä vastaantulevan ajoneuvon ohitusaikana kulkemasta matkasta. Ohitusnäkemän laskemiseksi on tehtävä lukuisia oletuksia. Suomessa oletukset ovat seuraavat:

- ohitettavan nopeus on vakio ja 15 km/h alhaisempi kuin tien mitoitusnopeus
- ohittaja ajaa ennen ohitusta samalla nopeudella kuin ohitettava
- ohittaja tarvitsee ohituspäätöksen tekoon reaktioajan, jonka pituus on 3 sekuntia.
- ohittaja kiihdyttää koko ohituksen ajan tietyllä, nopeuden kasvaessa pienentyvällä kiihtyvyydellä
- vastaantuleva ajoneuvo tulee näkyviin ohituksen alkaessa ja ajaa mitoitusnopeudella ja
- kahden peräkkäin ajavan ajoneuvon välimatka saadaan kokemukseräisesti kaavasta $s = (V - 15)/5,25 + 6,1$.

Mitoitusohitusnäkemällä tarkoitetaan tien geometrisessä suunnittelussa käytettävää ohitusnäkemää, jonka pituus tien mitoitusnopeudesta riippuen on Suomessa *taulukon 8* mukainen. Taulukon arvoja ei käytetä yksittäisten elementtien mitoitukseen, vaan tiejakson ohitusolosuhteiden arviointiin (paljonko tiejaksolla on ohituskelpoista osuutta?).

Taulukko 8. Mitoitusohitusnäkemän pituudet eri mitoitusnopeuksilla Suomessa.

Mitoitusnopeus (km/h)	Mitoitus- ohitusnäkemä (metriä)
50	400
60	450
70	500
80	550
90	600
100	650
110	700
120	750

Ohitukseen käytännössä tarvittava näkemä riippuu säästä, kuljettajan ja ajoneuvon ominaisuuksista sekä ohitusta odottavien ajoneuvojen lukumäärästä ja voi olla lyhyempi tai pitempi kuin mitoitusohitusnäkemä. Vaikka ohitusnäkemä olisikin riittävä, ohituksen saattaa estää liittymä tai vastaantuleva liikenne. Kaksikaistaisilla maaseudun teillä mitoitusohitusnäkemää tulisi olla vähintään 20 - 30 prosenttia tiepituudesta ja ohitusosuuksien tulisi jakautua tiejaksoille mahdollisimman tasaisesti.

Päätöksentekonäkemä

Kuljettaja kykenee yleensä pysäyttämään auton törmäämättä tiellä olevaan esteeseen, jos hän esteen havaitsemishetkellä näkee tietä vähintään pysähtymisnäkemän verran eteenpäin. Pysähtymisnäkemä ei kuitenkaan riitä, jos oikean johtopäätöksen teko edessä olevasta tilanteesta on vaikeaa tai jos tilanne edellyttää pysähtymistä vaikeampaa ajosuoritusta. *Päätöksentekonäkemällä* tarkoitetaan etäisyyttä, jolta kuljettajan on nähtävä tienpinta kyetäkseen reagoimaan oikein ja suoriutumaan turvallisesti ja sujuvasti kaistanvaihdosta ja muista pysähtymistä vaativammista ajosuorituksista. Päätöksentekonäkemä mitataan silmäpisteen korkeudesta tien pinnan tasoon.

Päätöksentekonäkemä on mitoittava näkemä tienkohdissa, joissa riski virheellisiin ajosuorituksiin on suuri. Tällaisia tienkohtia ovat esim. eritasoliittymät ja tasoliittymät, tien poikki-

leikkauksen muutoskohdat (esim. kaistojen vähenemiskohdat) ja kohdat, joissa on useita autoilijoiden huomiosta kilpailevia opasteita.

Suomessa tielaitoksen suunnitteluohjeet eivät toistaiseksi tunne käsitettä päätöksentekonäkemä, vaikka sitä käytännössä on suunnittelussa käytettykin. *Taulukossa 9* on Kanadassa käytettävät päätöksentekonäkemät mitoitussnopeuksittain. Taulukon pienempää raja-arvoa käytetään helpommissa päätöksentekotilanteissa ja suurempaa raja-arvoa vastaavasti vaikeammissa päätöksentekotilanteissa. Päätöksentekonäkemät ovat pituudeltaan noin kaksinkertaisia pysähtymisnäkemään verrattuna.

Taulukko 9. Päätöksentekonäkemät mitoitussnopeuksittain Kanadassa.

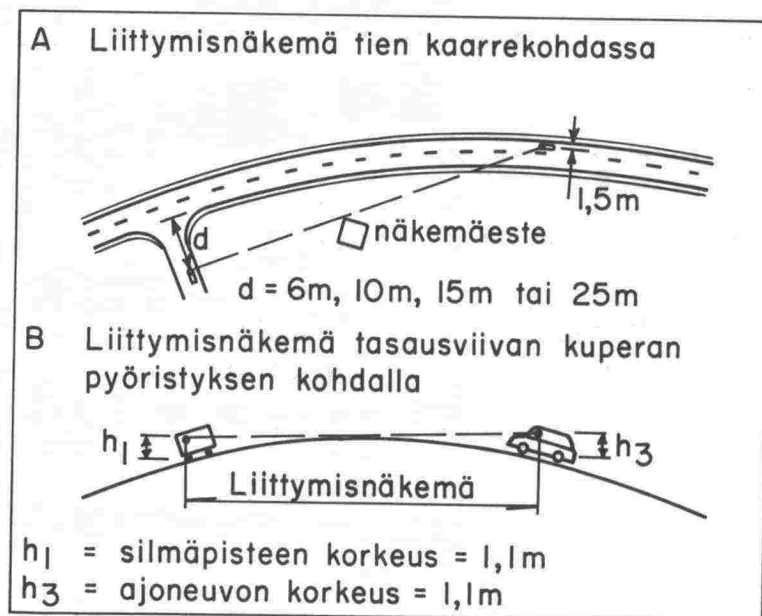
Mitoitussnopeus (km/h)	Päätöksentekonäkemä (metriä)
40	110 - 160
50	140 - 190
60	170 - 230
70	200 - 270
80	230 - 310
90	280 - 360
100	330 - 430
120	360 - 470
130	390 - 500

Liittymisnäkemä

Liittymisnäkemällä tarkoitetaan matkaa, minkä etäisyydelle tasoliittymään saapuvan ajoneuvon kuljettajan on nähtävä toisen tien suuntaan voidakseen arvioida tilanteen sellaiseksi, että hän voi kääntyä toiselle tielle tai ylittää sen. Liittymisnäkemän mittaamistapa on esitetty *kuvassa 15*.

Taulukosta 10 käyvät ilmi mitoitusliittymisnäkemän vähimmäisarvo pääsuunnan eri mitoitussnopeuksilla. Suurempia raja-arvoja tulisi käyttää varsinkin taajamien ulkopuolella, kun se ei aiheuta huomattavia lisäkustannuksia. Mitoitusliittymisnäkemän vallitessa liittymään saapuva

ajoneuvo voi turvallisesti kääntyä toiselle tielle tai ylittää sen ilman, että tällä tiellä mitoitusnopeutta ajavan ajoneuvon tarvitsee merkittävästi hiljentää nopeuttaan.



Kuva 15. Liittymisnäkemän mittaaminen.

Taulukko 10. Mitoitusliittymisnäkemä eri mitoitusnopeuksilla.

Pääsuunnan mitoitusnopeus (km/h)	Mitoitusliittymisnäkemä (metriä)
40	60 - 140
50	80 - 170
60	100 - 200
70	120 - 240
80	150 - 280
90	190 - 320
100	240 - 370

6.2.3. Tielinjan elementit

Tielinjan suunnittelussa käytetään yleensä kolmea elementtiä eli *suoraa*, *ympyränkaarta* ja *siirtymäkaarta*. Kullakin elementillä on oma geometrinen muotonsa, joka vaikuttaa sille ominaisella tavalla ajodynamiikkaan, näkemäolosuhteisiin ja tien ulkonäköön.

Suora

Suoralla tielinjalla ajodynamiikka ei rajoita nopeuksien valintaa, joten korkeatkin nopeudet ovat mahdollisia. Suorallakin tiellä tienpinnan on kuivatuksen vuoksi oltava sivusuunnassa kalteva, mikä hieman saattaa haitata ajomukavuutta.

Näkemäolosuhteet suoralla tielinjalla saadaan ainakin tasaisessa maastossa hyväksi, koska tien läheisyydessä olevat esteet eivät rajoita näkemää tien suunnassa.

Vastaantulevien ajoneuvojen etäisyyden ja nopeuden arviointi on suoralla vaikeampaa kuin kaarteissa. Vastaantulevien ajoneuvojen valot saattavat pimeällä häikäistä ja aiheuttaa vaaratilanteita.

Suora sopii parhaiten tasaiseen maastoon. Mäkisessä maastossa suoraa linjaa käyttäen ei yleensä saavuteta tien ja maaston sopusointua. Pitkä suora on yksitoikkoinen. Se väsyttää kuljettajaa ja houkuttelee ajamaan liian suurella nopeudella.

Kahden samansuuntaisen kaarten välillä suora on tien ulkonäön kannalta huono ratkaisu. Tällaisen suoran tulee olla tarpeeksi pitkä, vähintään $6 \times V$ (m), missä V = mitoitusnopeus (km/h), tai vähintään 300 - 400 metriä.

Kahden erisuuntaan kaarevan klotoidin välisen suoran pituuden tulee sivukaltevuuden järjestyksen vuoksi olla joko vähintään $2 \times V$ (V = mitoitusnopeus, km/h) tai alle 20 metriä. Ensimmäisessä vaihtoehdossa tie kytetään suoralla osuudella suunnittelemaan kaksipuolisesti kaltevaksi. Jälkimmäisessä vaihtoehdossa sivukaltevuus voidaan suunnitella samalla tavalla kuin, jos suoraa ei ole ollenkaan.

Tien ulkonäön vuoksi eri suuntiin kaarevien klotoidien välisen lyhyen suoran enimmäispituus on

$$L < \frac{A_1 + A_2}{40}$$

missä L = suoran enimmäispituus (m)
 A_1 ja A_2 ovat klotoidin parametrit (m)

Ympyränkaari

Ympyränkaaren kohdalla tasaisella nopeudella liikkuvaan ajoneuvoon vaikuttaa keskipakoisvoima ja -kiihtyvyys, jonka suuruus riippuu kaaren säteestä ja ajoneuvon nopeudesta. Keskipakoiskiihtyvyyden suuruus voidaan laskea kaavasta

$$C = \frac{v^2}{R}$$

missä C = keskipakoiskiihtyvyys (m/s^2)
 v = ajoneuvon nopeus (m/s)
 R = ympyränkaaren säde (m)

Jotta ajoneuvo ei kaarteessa liukuisi pois ajoradalta, keskipakoiskiihtyvyydestä aiheutuva voima on kumottava ajoradan sivukaltevuudella sekä tien pinnan ja ajoneuvon pyörien välisellä kitkalla.

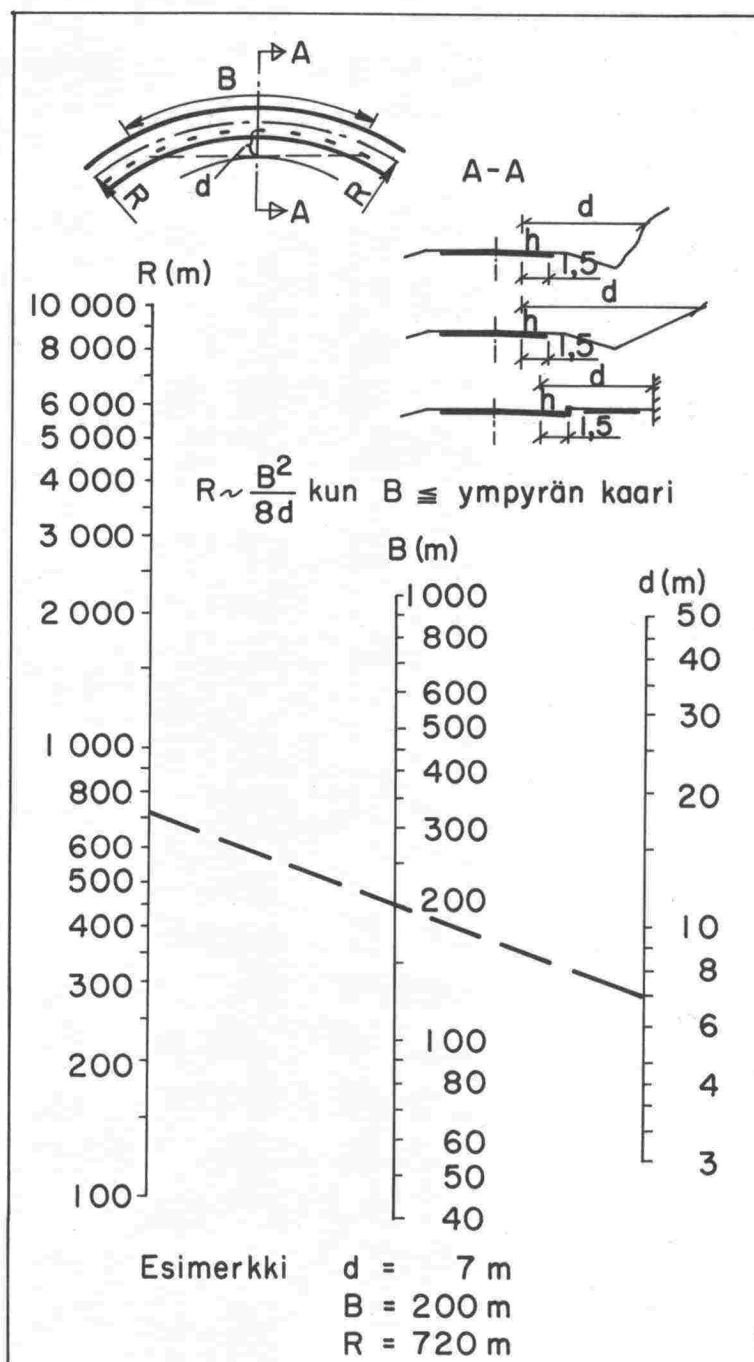
Sivukitka kuvaa parhaiten ajomukavuutta ja -turvallisuutta kaarteessa. Kesäolosuhteissa kuljettaja valitsee ajomukavuuden ja -turvallisuuden vuoksi nopeuden kaarteessa yleensä siten, että *taulukossa 11* esitetyt sivukitkan enimmäisarvot eivät ylity. Taulukon enimmäissivukitka-arvojen ja sivukaltevuuksien perusteella on määritetty kaaren säteiden vähimmäisarvot, jotka on myös esitetty taulukossa. Talviolioissa taulukossa esitetyt kaarresäteiden vähimmäisarvot voivat osoittautua liian pieniksi, koska käytettävissä oleva sivukitkakerroin arvo on tällöin taulukossa 11 esitettyä pienempi. Erittäin huonoissa oloissa sivukitkakerroin voi olla pienempi kuin 0,05.

Taulukko 11. Ympyränkaaren vähimmäissäteet eri mitoitusnopeuksilla sekä näitä vastaavat sivukitkat ja -kaltevuudet.

Mitoitusnopeus (km/h)	Sivukitka- kerroin	Sivukaltevuus (%)	Kaarresäteen vähimmäisarvo (metriä)
40	0,15	7	60
50	0,13	7	110
60	0,12	6	170
70	0,1	6	250
80	0,09	6	350
90	0,08	5	500
100	0,07	5	650
110	0,07	5	850
120	0,06	4	1 100
130	0,06	4	1 400
140	0,05	4	1 700

Taulukon 11 kaarresäteiden arvot ovat vähimmäisarvoja. Uusia teitä suunniteltaessa on pyrittävä vähimmäisarvoja suurempiin säteisiin. Esim. mitoitusnopeudella 100 km/h kaarresäteen tulisi olla vähintään 2 000 metriä. Kaarresäteet 1 000 - 2 000 metriä ovat näkemien kannalta huonoja, eivätkä toisaalta ajodynamiikan kannalta ole merkittävästi vähimmäisarvoja parempia. Esim. tielle pysähtyneet, vasemmalle kääntymismahdollisuutta odottavat autot jäävät tällaisissa kaarteissa piiloon. Moottoriteillä ja moottoriliikenneteillä kaarresäteet ovat tavallisesti 3 000 - 8 000 metriä. Tasaisessa maastossa käytetään suurempia arvoja kuin mäkisessä maastossa.

Toisaalta olemassa olevia teitä parannettaessa vähimmäisarvotkaan eivät ole ehdottomia. Esim. yksittäistä 500 metrin kaarresädettä ei yleensä kannata loiventaa, jos kaarresäteet koko pitkällä tiejaksolla ovat samaa tasoa. Vain yksittäiset poikkeamat tien yleisestä tasosta tulee korjata, koska nämä tulevat autoilijoille yllätyksenä.



Kuva 16. Ympyränkaaren säteen vähimmäisarvo näkemävaatimusten perusteella.

Näkemien muodostamisen kannalta ympyränkaari on suoraa epäedullisempi elementti. Leikkauksissa ja muiden näkemäesteiden kohdalla on käytettävä tarpeeksi suurta ympyränkaarta tai näkemäalue on raivattava esteistä. Näkemävaatimuksista aiheutuva kaarresäteen vähimmäisarvo voidaan likimääräisesti määrittää kuvan 16 nomogrammista, kun näkemäesteen etäisyys silmäpisteen paikasta (1,5 metriä ajoradan reunasta) tunnetaan.

Ympyränkaari antaa tielinjalle joustavan muodon, jos kaaren säde on sopivassa suhteessa tasauksen elementteihin. Suuret säteet sopivat tasaiseen maastoon, missä perspektiivinen lyheneminen on voimakasta. Leveällä tiellä säteen on oltava suurempi kuin kapealla tiellä.

Liikenteellisesti merkittävien liittymien kohdalla kaarteiden olisi oltava niin loivia, että autoilija näkee esim. erkanevan rampin nokan päätöksentekonäkemän etäisyydeltä. Moottori- ja moottoriliikenneteillä kaarresäteen tulisi ennen eritasoliittymän erkanemisramppia olla vähintään 3000 metriä. *Taulukon 12* mukaisilla vähimmäisarvoilla kaarteessa saavutetaan yleensä mitoitus pysähtymisnäkemä.

Taulukko 12. Ympyränkaaren säteen vähimmäisarvot tasoliittymän kohdalla.

Mitoitusnopeus (km/h)	Ympyränkaaren säteen vähimmäisarvo tasoliittymän kohdalla (metriä)
40	150
50	200
60	350
70	500
80	750
90	1 000
100	1 400

Samalla tiejaksolla kaarresäteiden arvot eivät saisi kovin paljon poiketa toisistaan. Uuden tien suuntauksen suunnittelun alussa valitaan suunnitteluhankkeessa käytettävien kaarresäteiden raja-arvot em. periaatteiden mukaisesti. Näitä arvoja pyritään käyttämään kaikissa kaarteissa. Vain pakottavista syistä (esim. tilan puute tiheästi asutuilla alueilla) voidaan käyttää valittuja ohjearvoja pienempiä arvoja. Tällöin on tarkoin selvitettävä, mitä vaikutuksia tällä voi olla liikenneturvallisuuteen ja liikenteen sujuvuuteen.

Siirtymäkaari

Siirtymäkaareksi nimitetään kaarta, jonka säde muuttuu vähitellen. Yleensä siirtymäkaarena käytetään klotidia, mutta poikkeustapauksissa - esim. liittymäkaarissa - klotoidin sijasta voidaan käyttää yhtä tai useampaa ympyränkaarta.

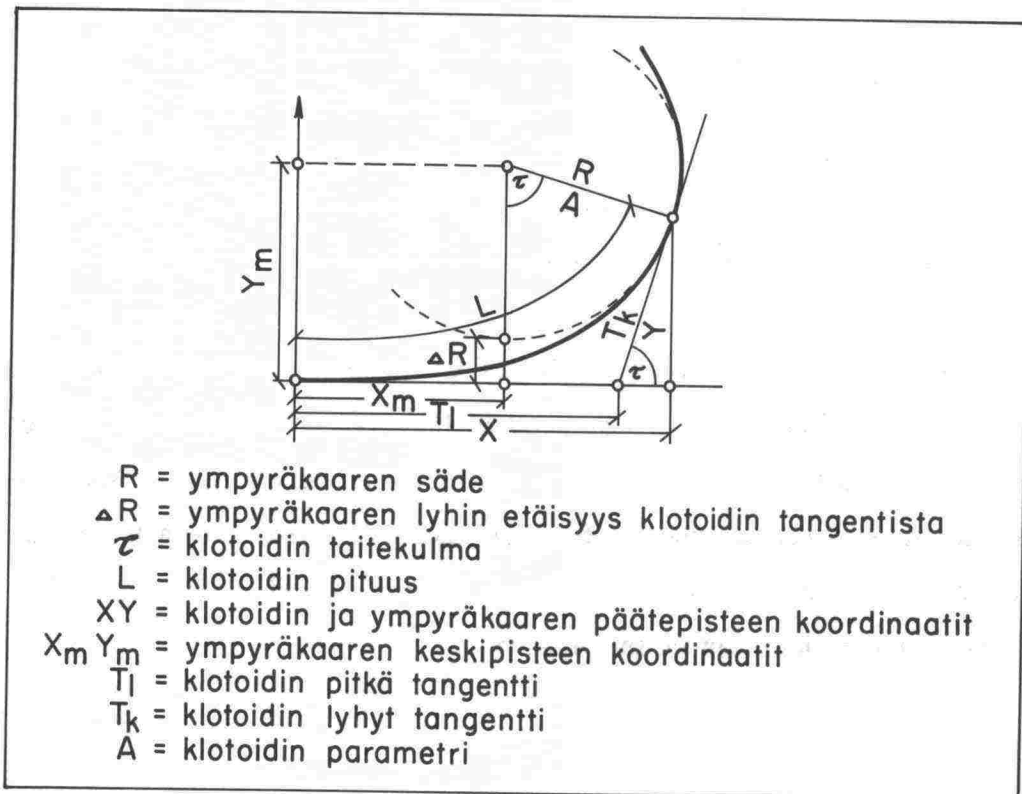
Klotoidi on käyrä, jonka kaarevuus muuttuu suoraviivaisesti kaaren pituuden funktiona. Klotoidin perusyhtälö on

$$A^2 = RL$$

missä

A	=	klotoidin parametri
L	=	klotoidin kaaren pituus alkupisteestä lähtien
R	=	kaaren säde kohdassa, johon kaaren pituutta alkupisteestä on mitattu

Klotoidin mitoitusarvot on esitetty *kuvassa 17*.



Kuva 17. Klotoidin mitoitusarvot.

Siirtymäkaari tekee tielinjan ajodynaamisesti ja optisesti joustavaksi. Siirtymäkaarta käytetään suorien ja ympyränkaarien välillä tasaamaan sivukiihtyvyyden muutosta. Sivukaltevuuden muutos toteutetaan yleensä suunnilleen siirtymäkaaren matkalla. Siirtymäkaarta käytetään myös moottoriväylien eritasoliittymien rampeissa. Siirtymäkaaren avulla rampin geometria saadaan mahdollisimman hyvin vastaamaan todellisia nopeuden muutoksia eli kiihdytyksiä liittymisrampilla ja hidastuksia erkanemisrampilla.³⁰

Tielinjan normaali kaariyhdistelmä on klotoidi-ympyränkaari-klotoidi. Tien ulkonäön kannalta huonoja ratkaisuja ovat lyhyt ympyränkaari klotoidien välissä tai kaarteiden muodostaminen pelkästään klotoidinkaarista.³⁰

Klotoidin parametrin valintaan vaikuttavat seuraavat tekijät:

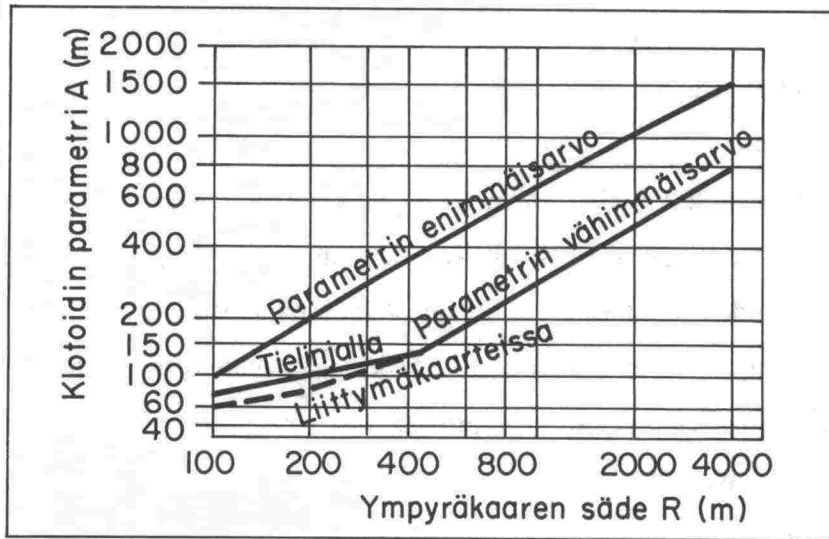
- Autoilija kokee sivukiihtyvyyden muutoksen epämiellyttävänä, jos se ylittää $0,5 \text{ m/s}^2$. Tämän perusteella voidaan laskea klotoidin parametrille ja siirtymäkaaren pituudelle vähimmäisarvot.
- Siirtymäkaaren tulisi olla suunnilleen sivukaltevuuden muutosalueen pituinen. Jos siirtymäkaari on liian pitkä, sivukaltevuuden muutosta ei voida toteuttaa sen kohdalla.
- Sivukaltevuuden muutosalue ei kuivatusteknisistä syistä saa olla liian pitkä. Jos sivukaltevuus muuttuu liian hitaasti, muutoskohtaan muodostuu vesilammikoita tai vesi valuu tiellä pitkän matkan tien pituuskaltevuudesta riippuen. Tämä määrää enimmäisarvot sivukaltevuuden muutosmatkalle, siirtymäkaaren pituudelle ja klotoidin parametrille.

Optisten näkökohtien vuoksi klotoidin parametrin tulisi olla *taulukossa 13* esitettyjen raja-arvojen välillä. Suuret parametrin arvot sopivat käytettäväksi, kun tien taseus on pitkällä matkalla suora. Pienet raja-arvot riittävät taseusviivan pyöristyskaaren kohdalla.

Taulukko 13. Klotoidin parametrien ohjearvot optisten näkökohtien perusteella.

Ympyränkaaren säde R (metriä)	A (metriä)
100-300	$R-0,5R$
300-1000	$0,5R-0,3R$
1 000 - 2 000	$0,3R-0,25R$
2 000 - 3 000	$0,25R-0,2R$

Kuvassa 18 on esitetty klotoidin parametrien ohjearvot, kun huomioon on otettu ajodynamiikka, tien ulkonäkö ja kuivatus.



Kuva 18. Klotoidin parametrien ohjearvot.

Tarpeeksi suurisäteisiä ympyränkaaria (yli 4 000 metriä) käytettäessä siirtymäkaari ei ajodynamiikan tai tien ulkonäön kannalta enää ole tarpeen. Käytännössä klotoidia kuitenkin yleensä käytetään näinkin suuripiirteisessä geometriassa, koska siirtymäkaarien käyttö ei nykyisillä tiensuunnittelun atk-ohjelmilla aiheuta ylimääräistä työtä.

Samansuuntaiset ympyränkaaret voidaan yhdistää ilman klotoidia, jos niiden kaarresäteiden suhde on *taulukon 14* mukainen. Kun samansuuntaisten ympyränkaarien välissä on klotoidi, sen parametrin tulee *kuvassa 18* esitettyjen vaatimusten lisäksi täyttää ehto

$$\frac{R}{2} \leq A \leq R$$

missä R = pienemmän ympyränkaaren säde (m)

A = klotoidin parametri (m)

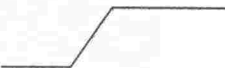
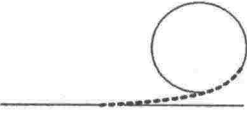

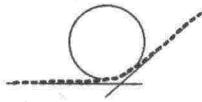
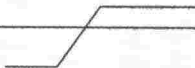
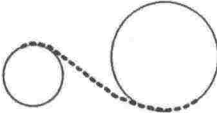
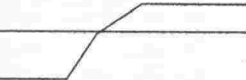
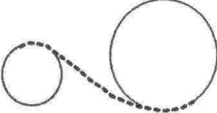
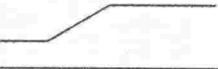
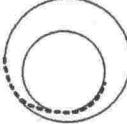


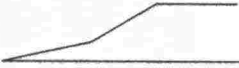
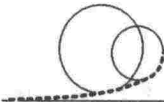

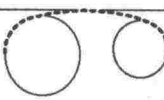

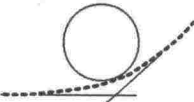
Taulukko 14. Samansuuntaisten ympyröiden säteiden suhde, kun ympyrät voidaan yhdistää ilman klotoidia.³⁰

R_1 (m)	R_2 (m)
200	150 - 280
300	220 - 430
400	280 - 600
600	400 - 950
800	500 - 1 400
1 000	650 - 1 900
1 500	850 - 3 000
2 000	1 100 - 4 000
3 000	1 500 - 6 000
4 000	2 000 - 8 000

Kuvassa 19 on erilaisia ympyrän ja klotoidin kaariyhdistelmiä.

Kahdesta peräkkäisestä klotoidista ja niihin liittyvistä erisuuntaisista ympyränkaarista muodostuvaa kaariyhdistelmää nimitetään *S-kaareksi*. Joustavassa S-kaaressa klotoidien parametrit ovat samaa suuruusluokkaa.³⁰

Munalinja yhdistää kaksi erisäteistä saman suuntaista ympyränkaarta. Ympyrät ovat sisäkkäin, mutta eivät ole samankeskisiä eivätkä leikkaa toisiaan. Munalinjaa käytetään, kun pitkässä kaarteessa ei voida käyttää yhtä ainoata kaarresädettä.³⁰

KAARI-YHDISTELMÄ	KAAREVUUS-KUVA	ELEMENTIT
Tavallinen siirtymäkaari		
Siirtymäkaaret ja sideympyrä		
S-kaari 1 parametri		
S-kaari 2 parametria		
Munalinja		
Kaksinkertainen munalinja		
Koriklotoidi		
C-kaari		
Lakiklotoidi		

Kuva 19. Erilaisia ympyrän ja klotoidin kaariyhdistelmiä.

Kaksinkertainen munalinja syntyy, kun yhdistetään kaksi samansuuntaista ympyränkaarta, jotka eivät ole sisäkkäin. Ympyrät voivat olla vierekkäin tai ne voivat sivuta tai leikata toisiaan.³⁰

Koriklotoidi muodostuu samaan suuntaan kaarevista peräkkäisistä klotoidin osista. Ratkaisu ei liikenneturvallisuussyistä ole suositeltava.

C-klotoidi saadaan, kun kaksi samaan suuntaan kaartuvaa klotoidia yhdistetään nollapisteistään toisiinsa. C-klotoidia tulee välttää, sillä siitä syntyy samanlainen optinen vaikutus kuin lyhyestä suorasta kahden ympyränkaaren välillä.³⁰

Myös *lakiklotoidia* on vältettävä. Se muodostuu kahdesta klotoidista, joiden välillä ei ole ympyränkaarta.³⁰

Tielinjan elementtien yhdistelmät

Moottoriteiden ja moottoriliikenneteiden linjaus suunnitellaan Suomessa käyttäen pääosin suurisäteisiä ympyränkaaria ja klotoidia, joiden välissä on vain lyhyitä suoria tiejaksoja. Tällainen linjaus sopii parhaiten tšekäläiseen maisemaan. Moottoriliikenneteillä suorien vähyys hankaloittaa ohituksia etenkin, jos käytettävät ympyränkaaret eivät ole tarpeeksi suurisäteisiä. Moottoriliikenneteillä käytetään kuitenkin samanlaista geometriaa kuin moottoriteilläkin, koska ne on suunniteltu moottoritien ensi vaiheeksi. Haluttaessa voidaan moottoriliikennetielle lisätä ohituspaikkoja rakentamalla sille ohituskaistoja.

Muilla kaksikaistaisilla teillä kuin moottoriliikenneteillä käytetään riittävien näkemäolosuhteiden aikaansaamiseksi yleensä sekä suoria että ympyrän- ja klotoidinkaaria. Suoran enimmäispituus on yleensä 2 000 metriä.

Yhdysteillä ja yksiajokaistaisilla teillä käytetään yleensä yksinomaan suorien ja ympyränkaarien yhdistelmää.

6.2.4. Tasausviivan elementit

Tien tasauksen suunnittelussa käytetään yleensä kahta elementtiä: *suoraa* ja *pyöristyskaarta*. Kumpikin elementti vaikuttaa omalla tavallaan ajodynamiikkaan, näkemiin ja tien ulkonäköön.

Suora tasaus

Suora tasaus tarkoittaa suoraviivaisesti nousevaa tai laskevaa tasausta tai vaakasuoraa tasausta. Se on ajodynaamisesti edullinen, koska ajomukavuutta heikentäviä pystykiihtyvyyden muutoksia ei esiinny.

Näkemäolosuhteet ovat suoralla tasauksella hyvät, jos tielinjan kaarteet ja tien reunalla olevat esteet eivät rajoita näkemää. Jos myös tielinja on suora, vastaantulevien autojen valot saattavat häikäistä suoralla tasauksella.

Suoran tasausviivan matkalla tielinjan kaarevuus näkyy todellisena, eikä perspektiivi vääristy. Pitkät suorat tasaukset sopivat yleensä hyvin tasaiseen maastoon.

Pituuskaltevuuden tulisi aina olla alle 3 %, mutta kuivatuksen kannalta vaikeissa tienkohdissa (esim. sivukaltevuuden muutoskohta) kuitenkin vähintään 1 % (poikkeuksellisesti 0,4 %). Mäkisessä maastossa voidaan kustannussyistä poikkeuksellisesti käyttää *taulukon 15* mukaisia, suurempia enimmäisarvoja. Näitä arvoja voidaan käyttää, jos

- rakennuskustannukset muuten ovat kohtuuttoman suuret
- poikkeuksellisen suuri pituuskaltevuus esiintyy vain lyhyellä matkalla
- kyseessä on kaksiajorataisen tien ajorata, jonka kaltevuus on alaspäin
- tai kun kyseessä on vähän liikennöity tie.

Jos jyrkän ja pitkän nousun syntymistä ei maasto-olojen vuoksi voi kohtuullisin kustannuksin välttää, liikenteen sujuvuutta voidaan parantaa rakentamalla nousuun ohituskaista.

Taulukko 15. Pituuskaltevuuden enimmäisarvot tieosalla, jolla ei ole liittymiä.

Tien luokka	Pituuskaltevuuden enimmäisarvo (%)		
	Maaseudun teillä		Taajama-teillä
	Nor-maalisti	Poikkeuk-sellisesti	
Moottoritie tai moottoriliikennetie	4	5	5
Muu valta- ja kantatie	5	6	6
Seudullinen tie	7	9	7
Yhdystie	10	12	10 - 12

Liittymän kohdalla pituuskaltevuus ei saa ylittää taulukon 16 enimmäisarvoja. Suluissa olevia poikkeuksellisia enimmäisarvoja saa käyttää, jos kustannukset vaikeassa maastossa muuten tulevat kohtuuttomiksi tai jos liikennemäärät ovat pieniä.

Taulukko 16. Pituuskaltevuuden enimmäisarvot liittymien kohdalla.

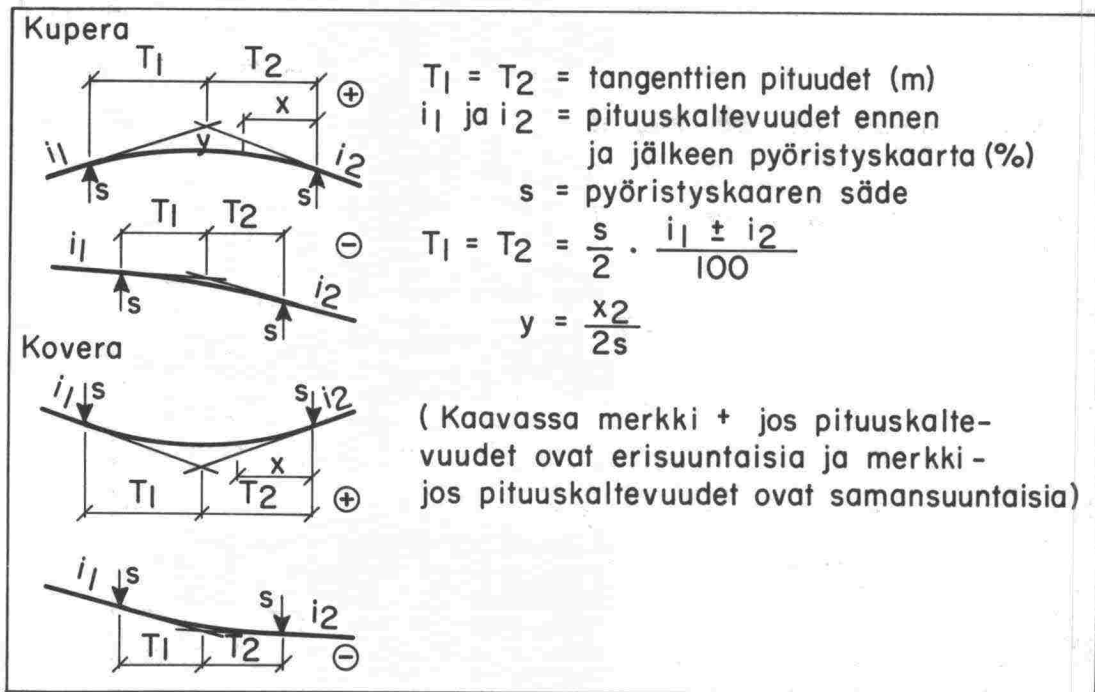
Tien luokka	Pituuskaltevuuden enimmäisarvo (%)		
	Eri-tasoliittymä	Tasoliittymä	
		Liiken-teellisesti merkittävä	Tontti-liittymä
Moottoritie	3		
Moottoriliikennetie	3	(3)	
Muu valta- tai kantatie	3(4)	3(4)	(4/5)
Seudullinen tai kokoojatie		3(5)	4(6)
Yhdystie		3(5)	4(6)

Sillan sallittu pituuskaltevuus riippuu sillan koosta. Lyhyellä ja keskipitkällä sillalla pituuskaltevuus voi olla sama kuin sillan ulkopuolisella tiejaksolla. Keskipitkällä sillalla suuri pituuskaltevuus saattaa rumentaa sillan ulkonäköä. Pitkä silta voidaan suunnitella myös kahteen suuntaan pituuskaltevaksi. Pitkän sillan pituuskaltevuus on siltatyypistä riippuen 1 - 3 %.

Pyöristyskaari

Pyöristyskaareksi nimitetään kaarta, jolla pyöristetään tasausviivan suorista osista ja niiden jatkeista muodostuvan murtoviivan taitekohta. Taitekohtaa nimitetään *kuperaksi taitteeksi*, jos pyöristettävän kulman kärki osoittaa ylöspäin ja *koveraksi taitteeksi*, jos kärki osoittaa alaspäin. Vastaavia pyöristyskaaria nimitetään *kuperaksi pyöristyskaareksi* ja *koveraksi pyöristyskaareksi*.

Yleensä pyöristyskaarena käytetään ympyränkaarta. Pyöristyskaaren mittojen laskeminen on esitetty *kuvassa 20*.



Kuva 20. Pyöristyskaaren mittojen laskeminen.

Pyöristyskaaren säteen arvon määräävät ajodynamiikka ja näkemävaatimukset. Ajoneuvon pystykiihtyvyys pyöristyskaaren kohdalla tuntuu matkustajasta epämiellyttävältä, jos se ylittää $0,5 \text{ m/s}^2$. Tämän perusteella pyöristyskaaren säteen vähimmäisarvo voidaan laskea kaavasta

$$S_{\min} = 0,154 \times V^2$$

missä S_{\min} = pyöristyskaaren säteen vähimmäisarvo (m)

V = mitoitusnopeus (km/h)

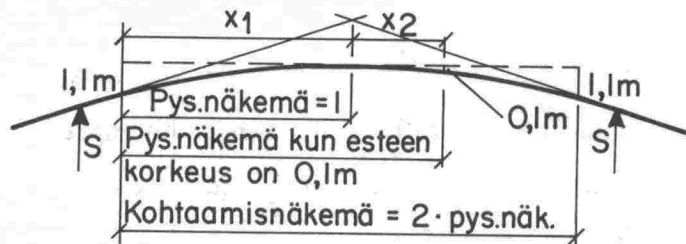
Ajodynamiikkaan perustuva vähimmäisarvo on kuitenkin vain harvoin mitoittava, koska näkemävaatimukset edellyttävät tavallisesti huomattavasti suurempia säteitä. Ajodynaaminen vähimmäisarvo saattaa kuitenkin tulla mitoittavaksi, kun tasausviivan taitekulma on hyvin pieni, eikä rajoita näkemää.

Kuperan taitteen kohdalla tien pinta muodostaa näkemäesteen. Näkemän pituus riippuu pyöristyssäteestä ja taitekulmasta. Koverassa taitteessa pysähtymisnäkemä on pimeällä rajoittunut, koska auton valojen valaisema tien osa on sitä lyhyempi, mitä pienempi pyöristyskaaren säde on.

Taulukossa 17 ovat pyöristyskaaren säteen vähimmäis- ja ohjearvot eri mitoitusnopeuksilla. Vähimmäisarvon mukaisissa pyöristyskaarissa kuljettaja näkee 0,1 metrin korkuisen esteen mitoituspysähtymismatkan etäisyydeltä. Kaari on arvoja laskettaessa oletettu vähintään ko. näkemän pituiseksi. Pyöristyssäteiden vähimmäisarvon laskeminen kuperassa taitteessa on esitetty *kuvassa 21* ja koverassa taitteessa *kuvassa 22*.

Taulukon 17 ohjearvot kuperan pyöristyskaaren säteille täyttävät näkemien ja ajodynamiikan asettamien vaatimusten lisäksi yleensä myös tien ulkonäön asettamat vaatimukset. Edellytyksenä on, että tasausviivan ja tielinjan elementit ovat keskenään sopivassa suhteessa. Tasauksen elementtien tulisi olla vähintään viisinkertaisia tielinjan elementteihin verrattuna. Ohjearvot ylittävien pitkien kuperien pyöristyskaarien säteiden käyttö ei näkemien vuoksi yleensä ole tarkoituksenmukaista. Ohjearvot ylittävillä pyöristyskaaren säteillä ei kuitenkaan saavuteta ohitusnäkemää, joten tällaisten säteiden käyttö vähentää ohituspaikkojen muodostumisen kannalta edullisten, tasaukseltaan suorien tai koverien tiejaksojen osuutta tiepituudesta.

Tapaus 1. Pysähtymisnäkemä \leq kaaren pituus



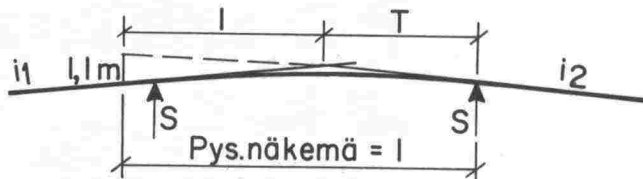
Pysähtymisnäkemä määrittäessä elementtien ohjearvoja:

$$l = x_1 \therefore 1,1\text{m} = \frac{l^2}{2S} \therefore S_{\min} = \frac{l^2}{2,2\text{m}}$$

Pysähtymisnäkemä määrittäessä elementtien vähimmäisarvoja:

$$l = x_1 + x_2 \therefore x_1 = \sqrt{2 \cdot S \cdot 1,1\text{m}}, \quad x_2 = \sqrt{2 \cdot S \cdot 0,1\text{m}} \therefore S_{\min} = \frac{l^2}{3,75\text{m}}$$

Tapaus 2. Pysähtymisnäkemä \geq kaaren pituus



$$l \leq T + l = \frac{S}{2} \cdot \frac{i_1 \pm i_2}{100} + \frac{1,1\text{m}}{i_1 \pm i_2} \cdot 100$$

$$S_{\min} \geq \frac{l - \frac{1,1\text{m}}{i_1 \pm i_2} \cdot 100}{\frac{i_1 \pm i_2}{100} \cdot 200}$$

S = pyöristyssäde (m)

l = pysähtymisnäkemä (m)

i_1 ja i_2 = pituuskaltevuus (%)

Kaavassa merkki +, jos pituuskaltevuudet erisuuntaisia

Kaavassa merkki -, jos pituuskaltevuudet samansuuntaisia

Kuva 21. Kuperan pyöristyssäteiden vähimmäisarvon laskeminen.

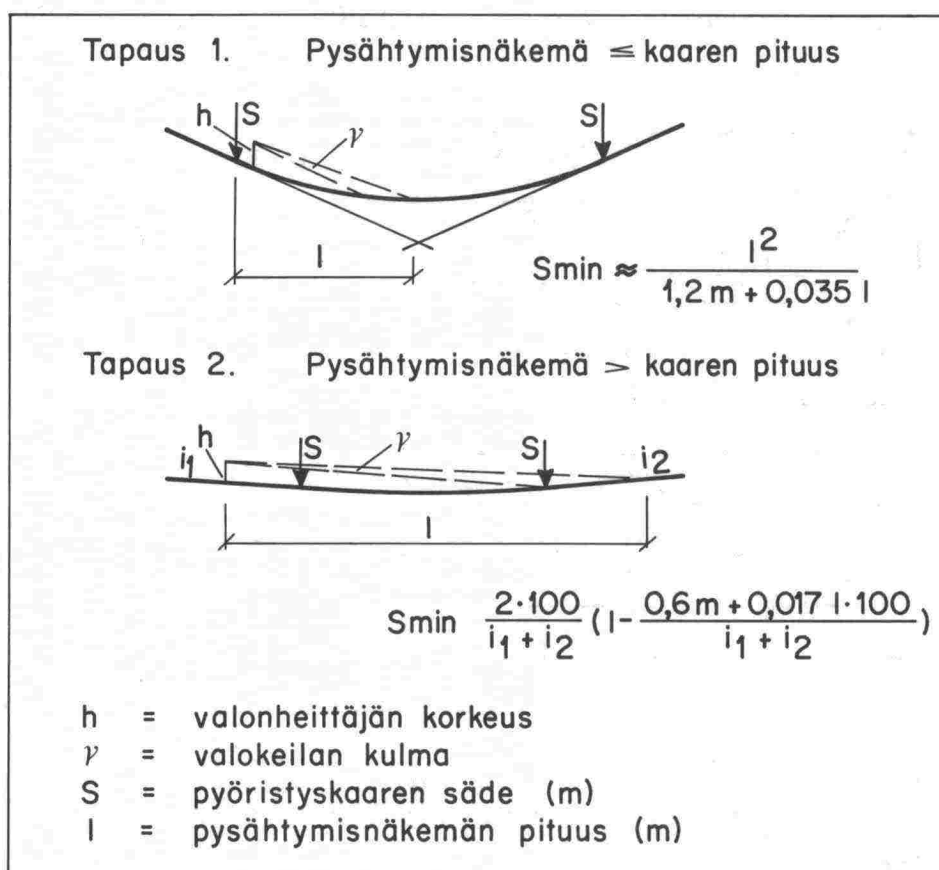
Taulukko 17. Pyöristyskaaren säteen vähimmäis- ja ohjearvot tieosalla, jolla ei ole yleisen tien liittymiä tai liikenteellisesti merkittäviä yksityisen tien liittymiä.

Mitoitusnopeus (km/h)	Pyöristyskaaren säde S (m)		
	Vähimmäisarvot		Ohjearvot kupe- rassa taitteessa
	Kovera	Kupera	
40	600	450	450-750
50	1 000	800	800-1400
60	1 500	1 500	1 500 - 2 500
70	2 100	2 400	2 400 - 4 100
80	2 800	3 900	3 900 - 6 500
90	3 500	6 000	6 000 - 10 000
100	4 300	9 000	9 000 - 15 000
110	5 200	12 500	12 500 - 21 000
120	6 300	17 000	17 000 - 28 000
130	7 600	23 000	
140	9 200	35 000	

Koverat kaaret ovat näkemien muodostumisen kannalta edullisia ja voivat olla myös suurisäteisiä.

Pyöristyskaaren tulee olla tarpeeksi pitkä, jottei tiehen synny jyrkän taitteen vaikutelmaa. Pyöristyssäteen kokonaispituuden tulisi olla vähintään $2 \cdot V$ (m), missä V on mitoitussnopeus (km/h).

Liittymien kohdalla tulisi näkemien vuoksi pyrkiä suoraan tai koveraan tasaukseen. Jos liittymä sijaitsee kuperan pyöristyskaaren kohdalla, sen säteen on oltava tarpeeksi suuri, vähintään taulukossa 18 esitetyn suuruinen.



Kuva 22. Koveran pyöristyssäteen vähimmäisarvon laskeminen.

Silloilla tasausviiva pyritään suunnittelemaan siten, ettei tie sillan kohdalla turhaan ole korkeammalla kuin mitä vapaa alikulkukorkeus sillan alla ja sillan rakennepaksuus edellyttävät. Koveran pyöristyskaaren alin kohta on mahdollisuuksien mukaan sijoitettava sillan ulkopuolelle. Kuperan pyöristyskaaren kohdalla sijaitsevan sillan tasaus pyritään suunnittelemaan niin, että sillasta tulee symmetrinen. Poikkeuksellisesti tasaus voidaan suunnitella myös vaakasuoraksi, jolloin kuivatus edellyttää erikoisjärjestelyjä.

Taulukko 18. Pyöristyskaaren säteen vähimmäisarvot liittymien kohdalla.

Mitoitusnopeus (km/h)	Pyöristyskaaren säteen vähimmäisarvo R (m)			
	Kupera pyöristyssäde tasoliittymän kohdal- la		Eritasoliittymän ramppien erkanemis- ja liittymiskohdat	
	Nor- maalisti	Poik- keuk- sellisesti	Kupera	Kovera
40	2 500	1 000		
50	3 500	1 500		
60	5 000	2 500		
70	7 000	4 500		
80	9 000	6 500	9 000	5 000
90	12 000	10 000	10 000	6 000
100	16 000	15 000	15 000	8 000
110			22 000	8 000
120			22 000	8 000

6.2.5. Tien geometrisen muodon suunnittelu

Tien geometrinen muoto tarkoittaa tielinjan, tasausviivan ja poikkileikkauksen muodostamaa kokonaisuutta. Tämä pyritään saamaan sellaiseksi, että

- tiellä on hyvät näkemäolosuhteet
- tien suuntaus tuntuu ajajasta miellyttävältä, ei tuota hänelle äkillisiä yllätyksiä eikä houkuttele häntä lisäämään kohtuuttomasti nopeuttaan
- tie ei riko maastoa tarpeettomasti, vaan muodostaa ympäristön kanssa mahdollisimman sopusointuisen ja kauniin kokonaisuuden.

Kaikkia em. vaatimuksia voidaan vain harvoin samanaikaisesti ottaa huomioon. Tien toiminnallinen luokka, liikennemäärä ja paikalliset olosuhteet määräävät sen, kuinka eri tekijöitä kulloinkin painotetaan. Korkealuokkaisilla, vilkkaasti liikennöidyillä teillä (esim. moottoritiet ja moottoriliikennetiet) liikenteen palvelutasoon kiinnitetään erityistä huomiota. Usein tämä on ristiriidassa tien maisemaan sovittamisen kanssa. Korkealuokkaisten teiden loivapiirteinen

geometria ei aina taivu pienipiirteiseen maisemaan. Teille muodostuu korkeita penkereitä ja syviä leikkauksia, jotka oleellisesti muuttavat maiseman perusluonnetta. Vähäliikenteiset, alempiluokkaiset tiet voivat sitä vastoin suhteellisen tarkasti seurata maaston muotoja. Tämä johtaa myös rakennuskustannuksiltaan edullisimpaan ratkaisuun.^{30,31}

Tiensuunnittelussa ovat Suomessa eri aikoina korostuneet eri tekijät. Suunnitteluperiaatteiden muutokset kuvastavat muutoksia ihmisten arvomaailmassa. Vielä 1950-luvulla tiet suunniteltiin mahdollisimman suoriksi. Välimatkat pyrittiin näin minimoimaan ja liikennöinti saamaan mahdollisimman tehokkaaksi. Seuraavalla vuosikymmenellä suunnittelussa painotettiin optisen ohjauksen ja ajodynamiikan merkitystä. Klotoidit otettiin käyttöön, suorat minimoitiin. Myös maisemaa ja ympäristöä osattiin arvostaa. 1970-luvun tiet suunniteltiin taloudellisuuden ja säästäväisyyden ilmapiirissä. Massatalous usein määräsi tien suuntauksen, ympäristökysymykset olivat toisarvoisia. Tiet rakennettiin kapeiksi ja optiselta ohjaukseltaan puutteelliseksi. Tuon ajan tiet ovat myös irti ympäristöstään. 1980-luvulla pääteillä alkoi esiintyä yhä enemmän ruuhkia. Leveitä, näkemiltään hyviä teitä alettiin jälleen arvostaa. Myös ympäristöön ja liikenneturvallisuuteen alettiin jälleen kiinnittää huomiota.

Näkemäolosuhteiden muodostaminen

Näkemää tien suunnassa voi käytännössä rajoittaa joko näköeste tielinjan kaaren sisäpuolella tai tien pinta tasausviivan kuperan pyöristyksen kohdalla. Näkemien kannalta edullisimpia tilanteita ovat tien sijainti penkereellä sekä suora tai kovera tasausviiva. Näkemää rajoittavat kaarteet ja tasausviivan kuperat pyöristykset on edullista pyrkiä sijoittamaan kohdakkain, jotta näkemät muulla tien osalla olisivat mahdollisimman esteettömät.³⁰

Tien näkemäolosuhteet ilmaistaan prosenttiluvulla, joka kertoo, kuinka suurella osuudella tiepituudesta on vähintään mitoitusnopeuden edellyttämä ohitusnäkemä.³⁰

Optinen ohjaus

Optisella ohjauksella tarkoitetaan tien reunan, reunaviivan, leikkausluiskan, kasvillisuuden tai ajoradan läheisyydessä olevien rakenteiden tien jatkuvuudesta antamaa viitettä, jonka perusteella kuljettaja voi ennakolta varautua tien suunnan muutoksiin.³⁰

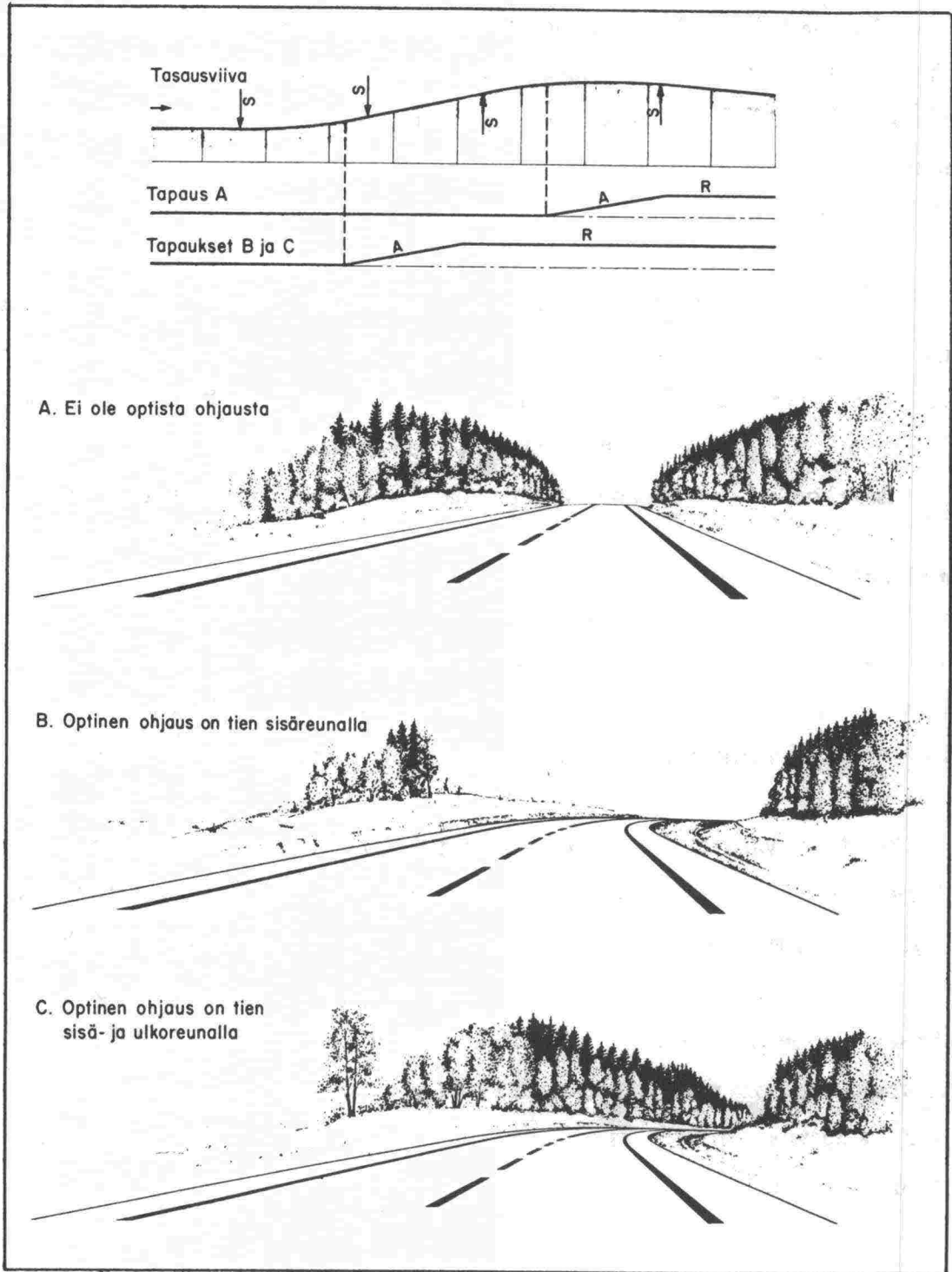
Erityisen tärkeää optisen ohjauksen olemassaolo on tasausviivan kuperan taitteen kohdalla, missä tien pinta katoaa näkyvistä suhteellisen lyhyen matkan päässä. Tällaisessa kohdassa tielinja pyritään suunnittelemaan kaarevaksi ja siten, että kaarevuuden suunta pysyy muuttumattomana. Vaakakaarten tulisi alkaa ennen tasausviivan pyöristyskaarta. Tien reuna antaa tällöin optisen ohjauksen.³⁰

Kuvan 23 kolmessa perspektiivikuvassa tasausviiva on samanlainen, mutta vaakakaarten alkupiste vaihtelee. Tapauksessa A tielinjan kaari alkaa kuperan pyöristyksen alkupisteen jälkeen, jolloin tien suunnan muutosta ei ole ennakoitavissa. Tapauksissa B ja C vaaka- ja pystykaari ovat kohdakkain. Tien reuna kertoo tapauksessa B tien suunnan muutoksesta. Tapauksessa C optista ohjausta korostavat tielinjan ulkokaarteissa olevat puut ja pensaat.³⁰

Tien ulkonäkö

Tien ulkonäöllä tarkoitetaan tässä ulkonäköä autoilijan kannalta, ts. kuinka turvallisesti ja miellyttäväksi autoilija ajamisen kokee. Tien ulkonäköön voidaan vaikuttaa mm. sovittamalla vaaka- ja pystygeometria hyvin toisiinsa ja välttämällä optisten vääristymien syntymistä.³⁰

Tien ulkonäköön vaikuttaa ilmiö nimeltä perspektiivinen lyheneminen. Sillä tarkoitetaan kahden pisteen välisen etäisyyden näennäistä lyhenemistä, kun kohdetta katsotaan tietyltä etäisyydeltä. Perspektiivisen lyhenemisen voimakkuus riippuu silmäpisteen ja tarkastelukohteen välimatkasta sekä kohteen asennosta silmäpisteeseen nähden. Kun kohteena on tie ja silmäpiste sijaitsee vain 1,1 metrin korkeudella tienpinnasta, perspektiivinen lyheneminen on paljon voimakkaampaa tien pituussuunnassa kuin poikittaissuunnassa. Tämän vuoksi tielinjan kaarteet, tasausviivan pyöristykset ja tielinjan käännepisteet näyttävät jyrkemmiltä kuin todellisuudessa ovat.³⁰



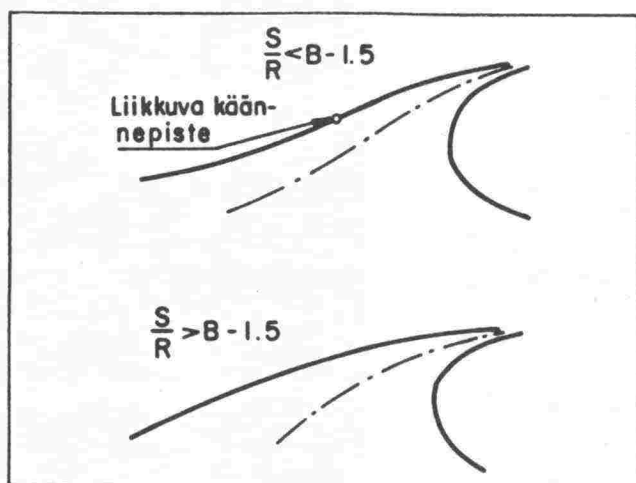
Kuva 23. Optinen ohjaus tasausviivan kuperan pyöristyskaaren kohdalla.³⁰

Perspektiivisen lyhenemisen vuoksi saattaa lisäksi syntyä ns. näennäisiä käännepisteitä eli kohtia, joissa kaarevuuden suunta näyttäisi muuttuvan, vaikkei näin todellisuudessa olekaan. Liikkuvaksi käännepisteeksi kutsutaan sellaista näennäistä käännepistettä, joka näyttää liikkuvan ajoneuvon edellä. Liikkuvia käännepisteitä ei synny, jos tasausviivan taitekohtien pyöris-

tyssäteet ovat tielinjan kaarresäteisiin nähden riittävän suuria. Kaikkein haitallisimpia, lyhyen matkan päähän ajoneuvosta syntyviä liikkuvia käännepeisteitä ei synny, kun tasausviivan ja tielinjan kaarresäteiden välillä on seuraava riippuvaisuus (kuva 24):

$$\frac{S}{R} > B - 1,5$$

missä S = tasausviivan pyöristyskaaren säde (m)
 R = tielinjan kaaren säde (m)
 B = ajoradan leveys (m)



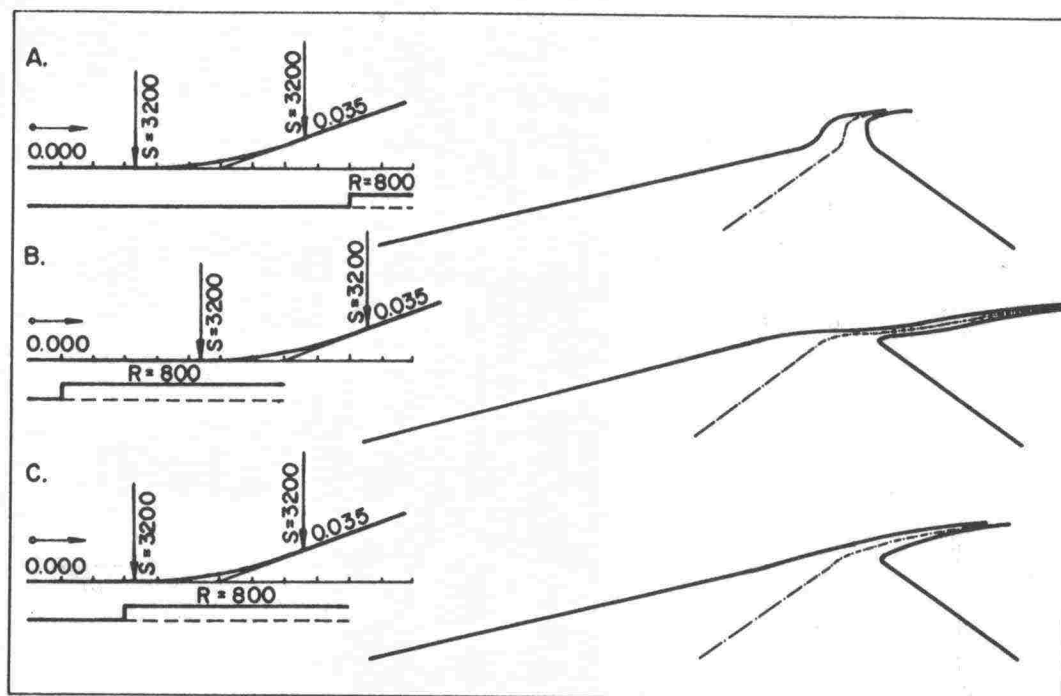
Kuva 24. Tielinjan kaarresäteen ja tasausviivan pyöristyssäteiden suhde.¹

Tien joustavaan ulkonäköön ja näennäisten käännepeisteiden ilmaantumiseen vaikuttaa se, kuinka tielinjan ja tasausviivan erikoispisteet, eli vaaka- ja pystykaarteiden alkupisteet ja todelliset käännepeisteet, sijaitsevat toisiinsa nähden. Kuva 25 havainnollistaa asiaa. Näennäisiä käännepeisteitä esiintyy, kun vaaka- ja pystykaarteiden alkupisteet eivät ole kohdakkain (tapaukset A ja B). Näennäisiä käännepeisteitä ei esiinny, kun kaarteet ovat kohdakkain (tapaus C), vaikkakin kaarre pienehkön kaarresäteen vuoksi näyttää melko jyrkältä.³⁰

Tielinjan erikoispisteet on parasta sijoittaa johonkin seuraavista tienkohdista:

- tasausviivan pitkän koveran pyöristyskaaren keskivaiheille
- tasausviivan suoralle osalle kauaksi pituusleikkauksen erikoispisteestä tai

- kohdakkain pituusleikkauksen erikoispisteen kanssa, jolloin tielinjan säteiden tulisi olla varsin suuria.



Kuva 25. Tielinjan ja tasausviivan erikoispisteiden sijainnin vaikutus näennäisten käänne-
pisteiden esiintymiseen.³⁰

Miellyttävän ja turvallisen ajoympäristön aikaansaamista edesauttaa lisäksi seuraavien periaatteiden noudattaminen suunnittelussa:

- Tielinjan ja tasausviivan kaarien tulee olla tarpeeksi loivia ja pitkiä. Erityisen tärkeätä tämä on, jos kaari sijaitsee pitkän suoran jatkeena.
- Pystygeometrian tulee olla elementeiltaan suuripiirteisempää kuin vaakageometrian. Yleensä hyvä lopputulos saavutetaan, jos pyöristyskaarteiden säteet ovat 5-10 -kertaisia vaakakaarteiden säteisiin verrattuna.
- Pitkässä vaakakaarteessa ei saa olla lyhyitä pystykaarteita. Pystykaarten tulee olla lähes vaakakaarten pituinen ja näiden kaarteiden keskipisteet saavat mielellään yhtyä.
- Pitkän suoran päässä näkyvä vaaka- tai pystykaarre tavallisesti vääristyy optisesti (= muuttuu terävämmäksi) etenkin, jos taitekulma on pieni eikä kaarre tukeudu maaston muotoihin. Kaukaa näkyvän kaarten tulisi siksi olla tarpeeksi pitkä. Vaakakaarteissa voidaan vaikutelmaa "pehmentää" tavallista pitemmällä siirtymäkaarella tai

lyhentämällä havaintoetäisyyttä käyttämällä suoran sijasta kaarista muodostettua linjausta. (kuva 26)

- Avoimessa maastossa tai suoralla tielinjalla useat, säteiltään suhteellisen pienet koverat ja kuperat pyöristyskaaret luovat rauhattoman vaikutelman. Jos osa näköpiirissä olevasta tienpinnasta on kuljettajan näkemättömissä ("piilonotko"), tie on varsinkin ohitustilanteissa vaarallinen.
- Kaksiajorataisilla teillä kannattaa harkita geometrian suunnittelua erikseen kummallekin ajoradalle.
- Tienvarren näkymien tulisi tarjota autoilijalle vaihtelua ja virikkeitä pitkillä ajomatkoilla.



Kuva 26. Kovera taite mäen alla näyttää perspektiivisen lyhenemisen vuoksi liian jyrkältä.

Tien ja maiseman sopusointu

Tien ja maiseman vuorovaikutus on kaksisuuntainen. Maiseman ominaisuudet, maaperä, topografia, vesistöt, asutus, viljelykset jne. vaikuttavat tien linjaamiseen. Toisaalta tie voi kehittyä ympäristöönsä hallitsevaksi maisemaelementiksi. Myös tien sisäinen geometria tulee tällöin osaksi maisematilaa.³¹

Maisemakuva muodostuu näkymistä erilaisiin maisematiloihin, joiden koko, muoto ja tyyppi vaihtelevat. Tiellä kulkija kokee maiseman toisiaan seuraavina peräkkäisinä tai sisäkkäisinä tiloina. Ulkopuolelta katsottuna tie on kiinteä maisemaelementti ja voi olla olennainen osa kulttuurimaisemaa.

Tie, joka tukeutuu vallitsevan maiseman muotoihin ja yksityiskohtiin, koetaan yleensä kauniiksi. Se, kuinka hyvin tällainen suuntaus on saatavissa aikaan, riippuu mm. maastotyy-
pistä ja suunniteltavan tien toiminnallisesta luokasta.³¹

Tasaisessa, aukeassa maastossa tiestä tulee usein maisemaa hallitseva tekijä. Tällaiseen maastoon sopii parhaiten loivakaarteinen tielinja ja pitkähköt suorat osuudet. Näin vältetään liian monien, vallitsevaan maisemaan sopimattomien kaarteiden näkyminen samanaikaisesti. Moottoriväylillä ja muilla pääteillä ei maisematilassa samalla kertaa saa näkyä useampaa kuin kaksi peräkkäistä vaakakaarta, ellei maisema niitä erityisesti tue.³¹

Metsäisessä maastossa liian monista kaarista ei yleensä aiheudu ongelmaa, koska kasvillisuus rajoittaa näkyvyyttä. Metsäiseen maastoon sopivat siksi pienempisäteiset kaaret kuin aukeaan maastoon. Riittävien ohitusnäkemien aikaansaamiseksi kaarteiden välillä on kuitenkin oltava tarpeeksi suoraa ja loivakaarteisia osuuksia.³¹

Mäkiseen maastoon sopii parhaiten tie, jossa tielinjan ja tasausviivan kaaret ja suorat seuraavat maanpinnan muotojen rytmiä. Suorat tiejaksot sopivat parhaiten laaksokohtiin. Maisemaa rumentavien leikkausten ja penkereiden välttämiseksi tielle tulee pyrkiä löytämään linjaus, jonka kohdalla maaston laki- ja laaksokohdat ovat loivasti pyöristyneitä ja pituuskaltevuus laki- ja laaksokohtien välillä on suhteellisen pieni.³¹

Varsinkaan pääteiden loivapiirteinen geometria ja massiiviset rakenteet eivät kuitenkaan aina taivu pienipiirteisen maiseman mukaisesti, eikä syvienkään leikkausten ja korkeidenkaan penkereiden syntymistä tällöin voida välttää (kuva 27). Usein uudet yhteydet joudutaan rakentamaan myös maisemarakenteen luonnollista suuntaa, esim. jokilaaksoja tai harjujonoja, vastaan.³¹



Kuva 27. Elementeiltaan jäykkä moottoriliikennetie on erityisen vaikeaa sovittaa ympäristöön. Kuva moottoriliikennetieltä Rita - Koskenkylä (valtatie 7).

6.3. Sivukaltevuuden suunnittelu

6.3.1. Yleistä

Tien pinta suunnitellaan sekä ajoradan että pientareen osalta sivusuunnassa viettäväksi. Suoralla tieosalla tämä on tarpeen yksinomaan kuivatussyistä. Kaarteessa sivukaltevuus tarvitaan osaksi kuivatussyistä ja osaksi kaarteessa liikkuvaan ajoneuvoon kohdistuvan keskipaikoisvoiman kumoamiseksi.³⁰

Sivu- ja viettokaltevuuden vähimmäisarvot määrää tienpinnan kuivatus. Tielle päässeeseen veden on poistuttava tarpeeksi nopeasti.³⁰

Enimmäisarvot määräytyvät liikenneturvallisuuden perusteella siten, että ajoneuvon liukuminen ajokaistalta liukkaalla kelillä voidaan välttää.³⁰

6.3.2. Ajoradan sivukaltevuus suoralla tiellä

Yksiajorataisilla teillä ajorata tehdään tielinjan suorilla osilla yleensä kaksipuolisesti kaltevaksi. Kaksiajorataisilla teillä kumpikin ajorata suunnitellaan yksipuolisesti kaltevaksi siten, että ne viettävät pois päin tien keskikaistasta.

Sivukaltevuuden suuruus riippuu päällysteen tyypistä. Mitä karkeampi päällyste, sitä suurempi sivukaltevuus tarvitaan johtamaan vesi pois ajoradalta. Sivukaltevuuden ohjearvot suoralla tiellä on esitetty *taulukossa 19*.

Taulukko 19. Ajoradan sivukaltevuus suoralla tiellä.

Päällystetyyppi	Sivukaltevuus (%)
Asfalttibetoni, bitumisora ja bitumihiekka	3
Valuasfaltti	3
Pintaukset	3
Öljysora	4
Sora	5

Pehmeikköosuuksilla tai muissa tien kohdissa, joissa tienpinta todennäköisesti myöhemmin painuu, voidaan sora- ja öljysorateita lukuunottamatta harkita *taulukon 19* arvojen korottamista 0,5 - 1 prosenttiyksiköllä.³⁰

6.3.3. Ajoradan sivukaltevuus kaarteessa

Tielinjan kaarten kohdalla ajorata yleensä suunnitellaan yksipuolisesti kaltevaksi. Poikkeuksellisesti kaarteessakin voidaan käyttää kaksipuolista sivukaltevuutta, jos tästä on etua esim. kuivatusjärjestelyissä. Kaarten tulee tällöin kuitenkin olla tarpeeksi suurisäteinen, esim. mitoitusnopeudella 80 km/h vähintään 3 500 metriä.³⁰

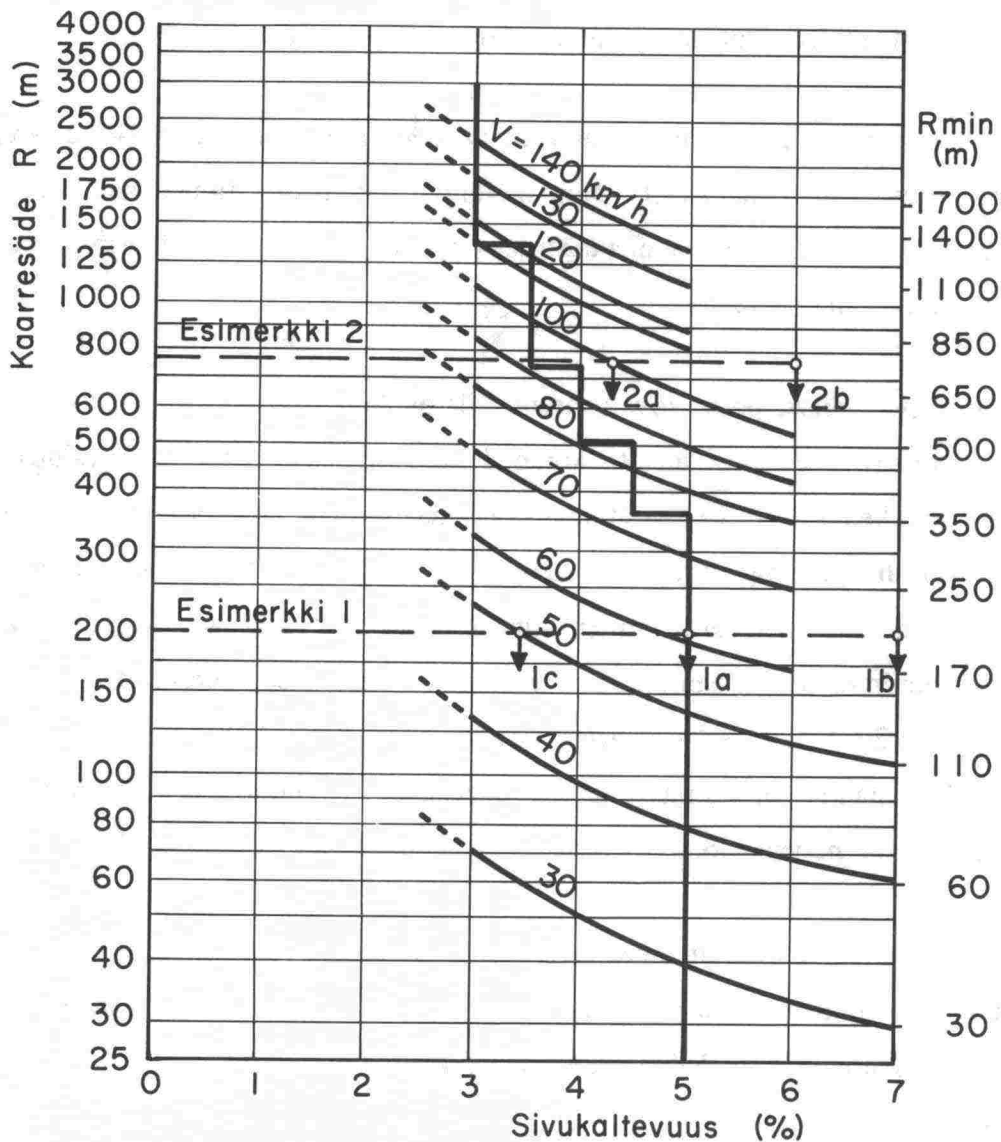
Vähimmäissivukaltevuudet yksipuolisesti kallistetuissa tienkohdissa määräytyvät kuivatuksen perusteella ja ovat samat kuin kaksipuolisissakin kallistuksissa (*taulukko 19*). Vähimmäisarvoja voidaan pehmeikköosuuksilla harkinnanvaraisesti korottaa (0,5 - 1 %), kuten kaksipuoli-

sisä kallistuksissa. Yksipuolisen sivukaltevuuden enimmäisarvon määrää liikenneturvallisuus: pysähtynyt ajoneuvo ei saa luisua pois tieltä. Enimmäisarvo on moottoriväylillä 5 %, valta- ja kantateillä sekä seudullisilla ja kokoojateillä 6 % ja yhdysteillä 7 %.³⁰

Kuvan 28 nomogrammilla yksipuolisen sivukaltevuuden suuruus voidaan määrittää kaarresäteen ja mitoitusnopeuden perusteella. Nomogrammin käyttötapaa riippuu siitä, sijaitseeko kaarresäteen ja mitoitusnopeuden avulla määritetty piste nomogrammissa olevan porrassviivan vasemmalla vai oikealla puolella.

Kun määrittäspiste sijaitsee porrassviivan vasemmalla puolella, sivukaltevuus luetaan normaalitytapauksissa kaarresäteen osoittamalta korkeudelta porrassviivan kohdalla (esimerkki 1a *kuvassa 28*). Poikkeuksellisesti voidaan käyttää normaalia suurempaa tai pienempää sivukaltevuutta. Normaalia suurempi sivukaltevuus (esimerkki 1c) voi tulla kyseeseen esim. suuren painumariskin tai korkeiden kustannusten vuoksi. Sivukaltevuuden arvo ei kuitenkaan saa ylittää aikaisemmin mainittua enimmäisarvoa, eikä myöskään viettokaltevuuden enimmäisarvoa (kts. kohta 6.3.4.). Normaalia pienempää sivukaltevuutta voidaan käyttää, kun normaali arvo tuottaa hankalan tai kalliin ratkaisun. Poikkeuksellinen vähimmäisarvo saadaan *kuvasta 28* mitoitusnopeutta (nopeusrajoitusta) vastaavan käyrän kohdalla (esimerkki 1c).³⁰

Kun piste sijaitsee porrassviivan oikealla puolella, sivukaltevuuden arvo luetaan nopeutta vastaavan käyrän kohdalla (esimerkki 2a). Porrassviivaa ei tällöin käytetä. Poikkeuksellisesti voidaan käyttää suurempaa sivukaltevuutta (esimerkki 2b), kuten edellä.³⁰



Kuva 28. Sivukaltevuuden määrittäminen tien kaarteissa.

6.3.4. Ajoradan viettokaltevuus

Ajoradan viettokaltevuus lasketaan kaavasta

$$b = \sqrt{s^2 + q^2}$$

missä

b = viettokaltevuus (-)

s = tien pituuskaltevuus (-)

q = sivukaltevuus (-).

Kuivatuksen toimivuuden takaamiseksi viettokaltevuu­den tulee aina olla vähintään 2 % ja poikkeuksellisesti vähintään 0,5 %. Vi­ettokaltevuus ei toisaalta saa ylittää taulukon 20 arvoja, jotta hitaasti liikkuva tai pysähtynyt ajoneuvo ei liukkaalla kelillä liukuisi pois ajoradalta.³⁰

Taulukko 20. Viettokaltevuu­den enimmäisarvot.

Tien luokka	Vietto- kaltevuu­den enimmäisarvo (%)
Moottoritiet ja moottoriliikennetiet	6
Valta- ja kantatiet	7
Seudulliset ja kokoojatiet	10
Yhdystiet	13

6.3.5. Sivukaltevuu­den muutokset

Ajoradan sivukaltevuu­ta muutetaan yleensä ajodynaamisista syistä tielinjan kaarevuuden muuttuessa. Joskus myös rakenteelliset näkökohdat, esim. päällystetyypin muutos, voivat aiheuttaa sivukaltevuu­den muutostarpeen.³⁰

Sivukaltevuus voi suunnaltaan ja suuruudeltaan muuttua seuraavilla tavoilla:

- kaksipuolinen sivukaltevuus muuttuu yksipuoliseksi
- yksipuolisen sivukaltevuu­den suuruus muuttuu tai
- yksipuolinen sivukaltevuus muuttuu toiseen suuntaan yksipuoliseksi kaltevuudeksi.

Kussakin em. tapauksista sivukaltevuu­den muutosmatka ja -kohta määräytyvät ajodynamiikan, kuivatuksen ja tien ulkonäön perusteella. Sorapäällysteisillä teillä sivukaltevuu­ta kuitenkin yleensä muutetaan 1 %/5 metriä riippumatta sivukaltevuu­den muutostavasta.³⁰

Sivukaltevuus muuttuu kaksipuolisesta yksipuoliseksi

Sivukaltevuus muuttuu kaksipuolisesta yksipuoliseksi, kun tielinjalla siirrytään suoralta ympyränkaarelle tai poikkeuksellisesti kun hyvin suurisäteiseltä ympyränkaarelta siirrytään pienempisäteiselle ympyränkaarelle. Sivukaltevuu­den muutostavat on esitetty kuvassa 29.

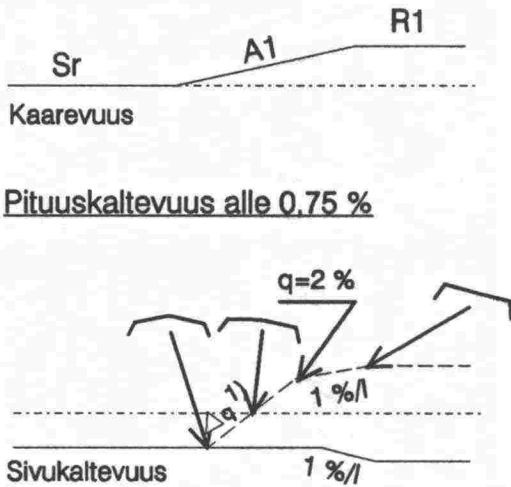
Sivukaltevuuden muutosmatka määräytyy eri tavoin riippuen siitä, onko tielinjan kaarteessa käytetty siirtymäkaarta vaiko ei. Kun tielinja koostuu elementtiyhdistelmästä suora-siirtymäkaari-ympyränkaari, sivukaltevuuden muutos tehdään yleensä suunnilleen siirtymäkaaren matkalla (kuva 29). Kun elementtiyhdistelmä on suora-ympyränkaari, kaksi kolmasosaa sivukaltevuuden muutoksesta tehdään suoran matkalla ja yksi kolmasosa ympyränkaaren matkalla.

Ajodynaamiset ja optiset syyt määräävät sivukaltevuuden muutosmatkan vähimmäispituuden (kuva 30). Kun sivukaltevuus on pienempi kuin 2 %, sivukaltevuus ei toisaalta kuivatuksen vuoksi saa muuttua taulukossa 21 esitettyä pitemmällä matkalla. Muutoin sivukaltevuuden muutoskohtaan muodostuu lammikoita tai vesi valuu liian pitkän matkan ajorataa pitkin. Kun siirtymäkaarta ei käytetä, sivukaltevuuden muutosmatkana käytetään taulukon 21 enimmäisarvoja.

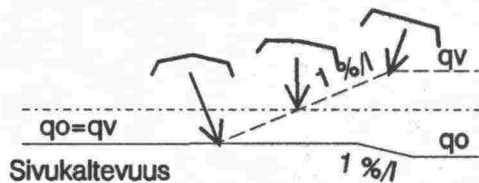
Taulukko 21. Sivukaltevuuden muutosmatkan enimmäispituus, kun sivukaltevuus on alle 2 %.

Päällyste	Pituuskaltevuus (%)	1 % sivukaltevuuden muutosta vastaava enimmäismatka (m)
Asfalttibetoni, valuasfaltti, bitumisora ja -hiekkä	0 - 0,75	15
	0,75 - 3	60
	3 - 6	60 - 15
	yli 6	15
Öljysora	0 - 1	10
	1 - 3	40
	3 - 6	40 - 10
	yli 6	10

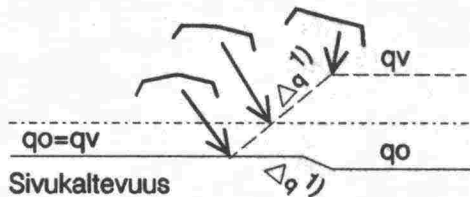
Tielinjan elementtiyhdistelmä:
suora - klotoidi - ympyrä



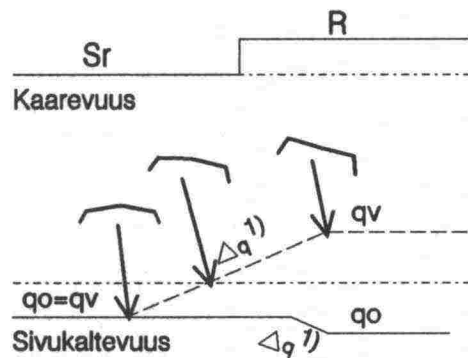
Pituuskaltevuus 0.75 - 4.0 %



Pituuskaltevuus yli 4.0 %



Tielinjan elementtiyhdistelmä:
suora - ympyrä

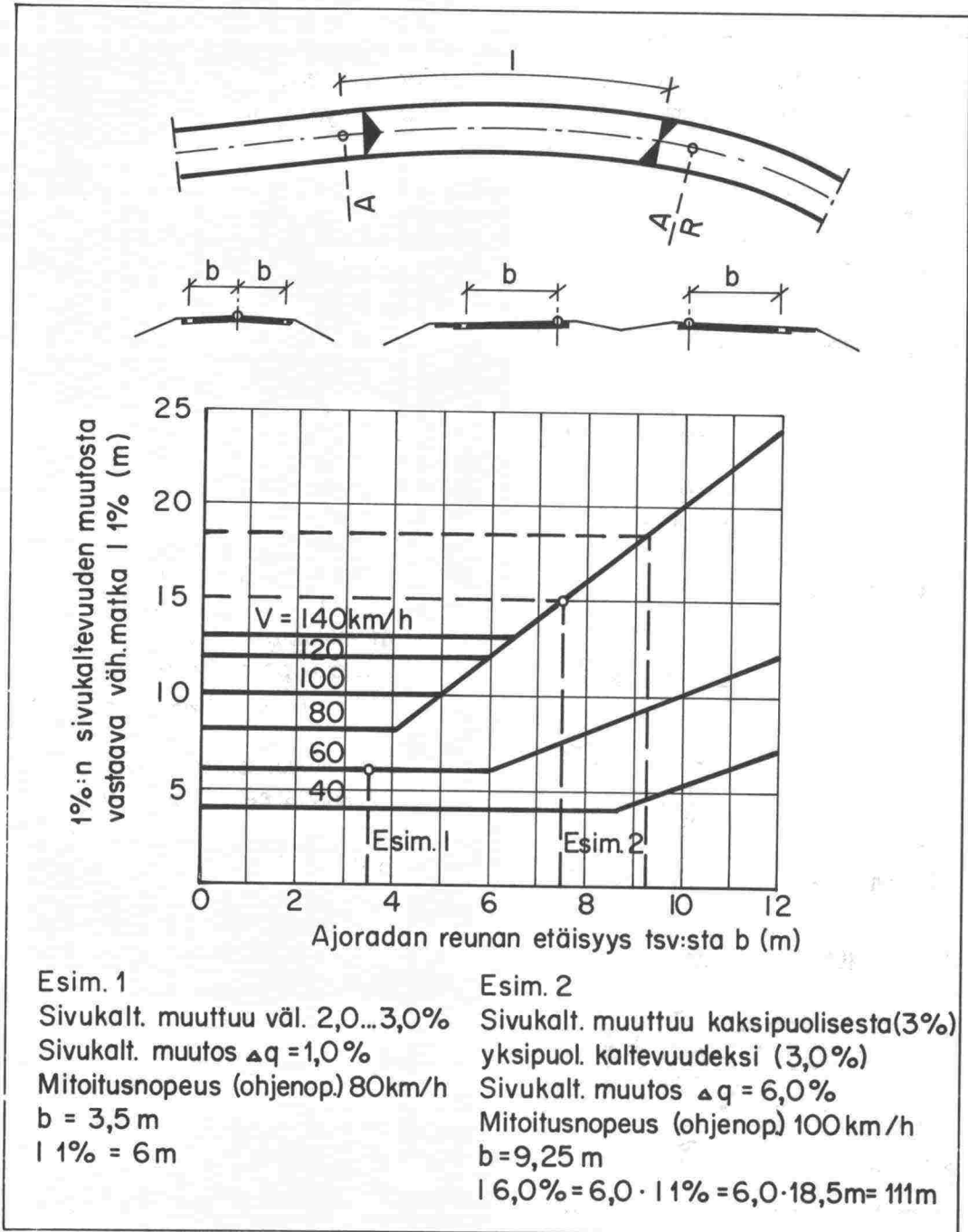


- 1) $\Delta q = 1\%/15\text{ m}$ kestopäällysteellä
 $\Delta q = 1\%/10\text{ m}$ öljysoralla,
 vrt. taulukko 21. Sivukaltevuuden
 muutosnopeus ei kuitenkaan saa
 ylittää kuvasta 30 saatavaa arvoa.

Sivukaltevuuksia osoittavan viivan
 taitekohdat sekä sivukaltevuuden
 nolapiste sijoitetaan yleensä tasa-
 kymmenpaalujen kohdalle.

Kuva 29. Kaksipuolisen sivukaltevuuden muuttaminen yksipuoliseksi kaltevuudeksi.

Kahden samansuuntaisen ympyränkaaren välillä olevalle suoralle tehdään kaksipuolinen kaltevuus, jos suora on yli 300 - 400 metriä pitkä.³⁰



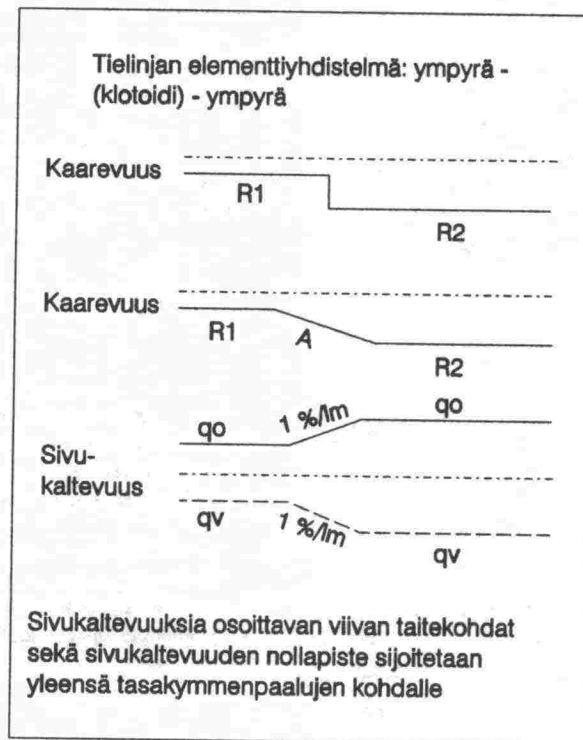
Kuva 30. Sivukaltevuuden muutosmatkan vähimmäispituus.

Yksipuolisen sivukaltevuuden suuruus muuttuu

Yksipuolisen sivukaltevuuden suuruutta muutetaan, kun tielinjalla siirrytään ympyränkaarelta toiselle, säteeltään eri suuruiselle, saman suuntaiselle ympyränkaarelle. Sivukaltevuuden muutostavat on esitetty *kuvassa 31*. Kahden samansuuntaisen ympyränkaaren välillä olevalle suoralle tehdään kaksipuolinen kaltevuus, jos suora on yli 300 - 400 metriä pitkä.³⁰

Sivukaltevuus muutetaan yleensä suunnilleen siirtymäkaaren matkalla. Sivukaltevuuden muutosmatkan vähimmäis- ja enimmäispituudet tarkistetaan, kuten edellä. Kahden samansuuntaisen ympyränkaaren välillä olevalle suoralle tehdään kaksipuolinen kaltevuus, jos suora on yli 300 - 400 metriä pitkä.³⁰

Jos siirtymäkaarta ei käytetä, sivukaltevuuden muutosmatka saadaan *taulukosta 21*. Kaksi kolmasosaa muutoksesta tehdään yleensä loivemman ympyränkaaren kohdalla ja yksi kolmasosa pienempisäteisen ympyränkaaren kohdalla. Kahden samansuuntaisen ympyränkaaren välillä olevalle suoralle tehdään kaksipuolinen kaltevuus, jos suora on yli 300 - 400 metriä pitkä.³⁰



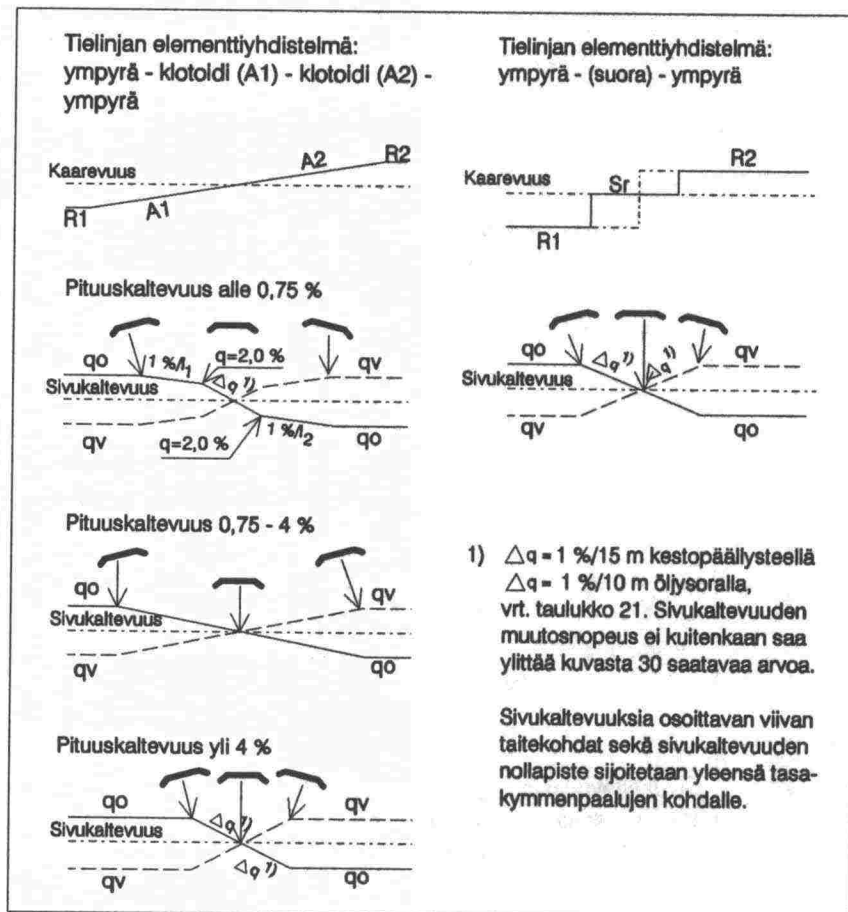
Kuva 31. Yksipuolisen sivukaltevuuden suuruuden muuttaminen.

Yksipuolinen sivukaltevuus muuttuu toiseen suuntaan yksipuoliseksi kaltevuudeksi

Yksipuolinen sivukaltevuus muuttuu puolelta toiselle, kun tielinjan kaarevuuden suunta muuttuu. Sivukaltevuuden muutostavat on esitetty kuvassa 32. Sivukaltevuuden muutosmatka määrätään kuten edellä.

6.3.6. Pientareen sivukaltevuus

Pientareen kesto- tai öljysorapäällysteisen osan sivukaltevuus riippuu pientareen leveydestä. Korkeintaan 1,5 metriä leveä piennar rakennetaan aina samaan kaltevuuteen kuin ajorata. Tätä leveämpi piennar rakennetaan ajoradan reunasta 0,25 tai 0,5 metrin leveydeltä ajoradan kaltevuuteen ja ulompi osa päällystettyä piennarta keskiviivasta poispäin viettäväksi kaltevuuteen 3,5 %. Sisäkaarteessa piennar rakennetaan kuitenkin vähintään samaan kaltevuuteen kuin ajorata. Kahden samansuuntaisen ympyränkaaren välillä olevalle suoralle tehdään kaksipuolinen kaltevuus, jos suora on yli 300 - 400 metriä pitkä.³⁰



Kuva 32. Yksipuolisen sivukaltevuuden muuttaminen toiseen suuntaan yksipuoliseksi kaltevuudeksi.

Sorapäällysteinen pientareen osa rakennetaan aina tien keskiviivasta poispäin viettäväksi. Kaltevuudeksi valitaan 5-10 %, kuitenkin sisäkaarteessa vähintään ajoradan kaltevuus./26/

7. TIEN GEOMETRIAN PARANTAMINEN

Olemassa olevien teiden parantamistoimenpiteiden valintaa ohjaavat hankkeelle asetetut tavoitteet. Tavoitteena voi olla esim. liikenteen sujuvuuden tai liikenneturvallisuuden parantaminen. Tavoitteiden toteutumista arvioidaan tielläliikkujan, ei tienpitäjän, näkökulmasta. Uusien teiden suunnittelussa käytettävät kaarresäteiden ym. ohjearvot eivät koske parannettavia teitä. Esim. toiminnalliseen luokkaan ja liikennemääriin nähden liian pieni kaarresäde ei välttämättä ole tielläliikkujalle ongelma, ellei kaarresäde poikkea tien yleisestä tasosta ja aiheuta turvallisuusriskiä.

Tien parantamisen suunnittelu aloitetaan tiejakson ongelmien kartoituksella. Yleisimmät ongelmat ovat

- ajoneuvoliikenteen turvallisuus on huono,
- tiellä on ruuhkia,
- nopeusrajoitus on alhainen,
- sivusuunnasta on vaikea liittyä päätien liikennevirtaan vilkkaan liikenteen aikana,
- ohitusmahdollisuudet ovat näkemien puutteen vuoksi huonot,
- tien rakenne vaurioituu nopeasti
- kevyen liikenteen yhteydet ja turvallisuus huonot ja
- tien melu- ja päästöalueella asutusta tai häiriöherkkiä toimintoja (koulut, sairaalat jne.).

Ongelmien perusteella tiejakson parantamiselle asetetaan mitattavat tavoitteet, esim. onnettomuusriskin tulee pienentyä niin paljon, ettei onnettomuuksien määrä lisäännä liikenteen kasvusta huolimatta, ja/tai nopeusrajoitus tulee voida nostaa 100 km:iin/h. Parantamisvaihtoehtojen keskinäinen paremmuusjärjestys arvioidaan vertailemalla kunkin vaihtoehdon arvioituja vaikutuksia liikennöitävyydelle, sujuvuudelle jne. asetettuihin tavoitteisiin. Tavoitteita ei aina saavuteta. Tällöin on harkittava, onko vaihtoehto kuitenkin hyväksyttävissä.

Toimenpiteiden vaikutukset ovat joskus keskenään ristiriitaisia. Suurin ristiriita on tavallisesti liikenteen sujuvuuden ja liikenneturvallisuuden välillä. Esim. tien leventäminen parantaa liikenteen sujuvuutta, mutta lisää nopeuksien kasvun vuoksi samalla onnettomuuksia. Nopeudet kasvavat, vaikka nopeusrajoitusta ei nostettaisikaan.

Nopeusrajoituksen korotus saattaa mitätöidä parantamistoimenpiteillä aikaansaadun liikenneturvallisuushyödyn. Tien nopeusrajoitusta voidaan liikenneturvallisuuden kärsimättä nostaa vain, jos tien tason parannus riittää kompensoimaan nopeuksien kasvun onnettomuuksia lisäävän vaikutuksen. Tämä edellyttää käytännössä uuden tien rakentamista entisen päälle tai sivuun. Toisaalta, alhainen nopeusrajoitus parannetulla tiellä tuntuu tielläkulkijasta ristiriitaiselta, mikä johtaa nopeusrajoituksen ylityksiin.

Ongelmien poistamiseksi luodaan useita parantamisvaihtoehtoja. Kukin parantamisvaihtoehto on erilaisten toimenpiteiden yhdistelmä. Parantamistoimenpiteinä tulevat yleensä kyseeseen:

- tien vaaka- ja pystygeometrian parantaminen,
- lyhyiden uusien tiejaksojen rakentaminen (= suuntauksen parantaminen),
- tien leventäminen,
- tien nelikaistaistaminen (yleensä vain taajamissa),
- ohituskaidtojen rakentaminen,
- eritasoliittymien rakentaminen,
- valo-ohjauksen tai kiertoliittymän rakentaminen (taajamissa),
- liittymien kanavointi,
- liittymien vähentäminen ja yhdistäminen,
- väistötilojen rakentaminen T-liittymiin,
- kevyen liikenteen väylien ja alikulkujen rakentaminen ja
- meluesteiden rakentaminen

Parantamisvaihtoehtoja muodostettaessa on otettava huomioon myös toimenpiteiden tekninen toteutuskelpoisuus. Esim. tienvarren asutus saattaa estää tien leventämisen.

Muodostettujen vaihtoehtojen vaikutuksia vertaillaan asetettuihin tavoitteisiin. Tielaitos käyttää vaikutusten arviointiin mm. Kehar-ohjelmistoa. Sillä voidaan laskea yleisimpien toimen-

piteiden vaikutus liikenteen sujuvuuteen, liikenneturvallisuuteen, liikenteen päästöjen määrään jne.

Toimenpiteen valintaan voivat vaikuttaa myös seuraavat seikat:

- tiejakson pitkän aikavälin kehittämisajatus (parannetaanko nykyistä tietä välivaiheena ennen uuden tien rakentamista?),
- toimenpiteiden arvioitu käyttöaika,
- toimenpiteiden sopivuus lopulliseen tieverkkoon ja
- toimenpiteiden tekninen toteutustapa.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- 1 Teiden suunnittelu, kansio D, IX Suunnitelmat, Tie- ja vesirakennushallitus, Helsinki, 1979
- 2 Yleisten teiden toiminnallinen luokittelu, esitysluonnos, Tiehallitus, tiensuunnittelu, Viasys Oy, Helsinki, 1990
- 3 Hakola Veikko, tiehallitus, kommentit tämän kirjan luonnoksesta 23.9.1991, Helsinki 10.10.1991
- 4 Pynnönen Urpo J., Mikkelin tiepiiri, luonnos kuvasta, syksy 1991
- 5 Pietzsch Wolfgang, Strassenplanung, 5. Auflage, Werner Ingenieur Texte 37, Werner-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1989
- 6 A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Washington, 1984
- 7 Manual of Geometric Design Standards for Canadian Roads, Roads and Transportation Association of Canada, Ottawa 1986
- 8 Pelkonen Veijo, Tien geometrinen suunnittelu, Teknillinen korkeakoulu, tietekniikka (T20), Espoo, 1981
- 9 Yleiset tiet 1.1.1989, TVH, tutkimuskeskus, TVH 713428, Helsinki, 1989
- 10 Tie 2010, Tiehallitus, Helsinki 1991
- 11 Argus, Handbok med allmänna råd om gators utformning och standard, Vägverket, Svenska kommunförbundet, Stockholm, 1987
- 12 Selvitys ajoteknisistä perusarvoista: kitka, mitoitusnopeus ja reaktioaika, julkaisematon muistio, Tie- ja vesirakennushallitus, kehittämiskeskus, 17.7.1989
- 13 Suunnittelu- ja mitoitusperusteet, kaupunkialueiden pääväylien standardiselvitys, tekninen raportti, tiehallitus, kehittämiskeskus, luonnos 6.10.1989
- 14 Kivelä M, Lyly S, Tien ominaisuuksien vaikutus liikenneturvallisuuteen, TKK, Otaniemi, 1978
- 15 Keskikaista, selvitys keskikaistan mitoitusperusteista, Tie- ja vesirakennushallitus, tiensuunnittelutoimisto, TVH 723861, Helsinki, 1988
- 16 Ohituskaistojen suunnittelu, Tie- ja vesirakennushallitus, tiensuunnittelutoimisto, TVH 723843, Helsinki, 1985
- 17 Ohituskaistajärjestelmän eri osien turvallisuus, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, tie- ja liikennelaboratorio, tutkimusselostus 678, Espoo, 1989
- 18 Harwood D.H., Hoban C.J., Low-Cost Methods For Improving Traffic Operations On Two-Lane Roads, Federal Highway Administration, USA, 1987
- 19 Kulmala R., Kanavoitujen liittymien turvallisuus, konfliktitutkimus kuudessa maantieliittymässä, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, tiedotteita 1011, Espoo, 1989

- 20 Brüde U, Larsson J, Faktorer som rör korsningar påverkar antal olyckor, olyckskvot och skadeföljd - olyckskostnad, VTI, Linköping, 1984
- 21 Brannolte Ulrich, Some experience concerning Road safety and standards of three-lane roads and narrow four-lane roads in West-Germany, Universität Karlsruhe, Institut für Verkehrswesen, esitys VTI:n tutkimuspäivillä, 1990
- 22 Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, 1985
- 23 Kuva piirretty Veikko Hakolan antamien tietojen pohjalta
- 24 Tarveselvitys, sisältö ja esittämistapa, tiehallitus, kehittämiskeskus, Helsinki 1991
- 25 Tiehankkeiden vaikutusselvitykset, ohjeluonnos 31.12.1990, tiehallitus, kehittämiskeskus, Viatek Oy, Helsinki, 1990
- 26 Eskelinen Heikki, Liikenneministeriön investointien tietoaaineisto, 3. Epäsuorat vaikutukset, julkaisematon muistio, Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitos, 1988
- 27 Kymen läänin pääteiden kehittäminen, kooste tutkimusaineistosta, TVH, Kymen tie- ja vesirakennuspiiri, Kymen lääninhallitus, Helsinki 1989
- 28 Tieliikenteen ajokustannukset 1991, TIEL 2123614, Tiehallitus, Helsinki 1990
- 29 Teiden suunnittelu, liikenneteknillinen suunnittelu (kansio A), TVH, 16.3.1988
- 30 Suuntauksen suunnittelu, julkaisematon ohjeluonnos, TVH, tammikuu 1987
- 31 Tie ja ympäristö - Vapaan maisemajakson tiet, TVH, Kehittämiskeskus, TVH 723429, Helsinki 1989

YLEISIMPIEN TIETYYPPIEN LIKIMÄÄRÄISET
MAKSIMI KVL-ARVOT ERI PALVELUTASOILLA

TIETYYPPI	MÄKISYYS- LUOKKA	PALVELU- TASO	PALVELU- VIRTA SF (ajon/h)	KVL			
				huipputuntiliikenteen osuus KVL:sta (%)			
	ML	LPT		10	12	14	16
MOL Ohitus- osuuksia 90 %	ML 1	A	350	3300	2800	2400	2100
		B	640	6100	5100	4300	3800
		C	1030	9800	8100	7000	6100
		D	1695	16100	13400	11500	10100
		E	2465	23400	19500	16700	14600
	ML 3	A	265	2500	2100	1800	1600
		B	470	4500	3700	3200	2800
		C	780	7400	6200	5300	4600
		D	1165	11100	9200	7900	6900
		E	1715	16300	13600	11600	10200
12,5/7,5 Ohitus- osuuksia 60 %	ML 1	A	215	2000	1700	1500	1300
		B	485	4600	3800	3300	2900
		C	825	7900	6500	5600	4900
		D	1480	14100	11700	10000	8800
		E	2240	21300	17700	15200	13300
	ML 3	A	135	1300	1100	900	800
		B	335	3200	2700	2300	2000
		C	620	5900	4900	4200	3700
		D	935	8900	7400	6300	5500
		E	1650	15700	13000	11200	9800
10,5/7,5 Ohitus- osuuksia 50 %	ML 1	A	160	1500	1300	1100	1000
		B	390	3700	3100	2600	2300
		C	680	6500	5400	4600	4000
		D	1240	11800	9800	8400	7400
		E	2175	20700	17200	14800	12900
	ML 3	A	100	900	800	700	600
		B	270	2600	2100	1800	1600
		C	500	4800	4000	3400	3000
		D	760	7200	6000	5100	4500
		E	1445	13700	11500	9800	8600
8/7 Ohitus- osuuksia 40 %	ML 1	A	110	1000	900	700	600
		B	280	2700	2200	1900	1700
		C	505	4800	4000	3400	3300
		D	940	8900	7400	6400	5600
		E	1905	18100	15100	12900	11300
	ML 3	A	60	600	500	400	400
		B	195	1800	1500	1300	1100
		C	365	3500	2900	2500	2200
		D	555	5300	4400	3800	3300
		E	1260	12000	10000	8600	7500

$P_T = 0.10$
 $P_D = 0.02$
 $P_R = 0.05$
 $IFIK = 0.95$
 suuntajak. 65/35

TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 2/1992 Melun ja pakokaasujen hinnoittelu tiensuunnittelussa. TIEL 3200058
- 3/1992 Pakokaasujen vaikutus ympäristöön; seurantatutkimus 1989-1990, Paimio, Piikkiö. TIEL 3200059
- 4/1992 Ohituskastatiekokeilu valtatiellä 4 välillä Järvenpää-Mäntsälä. TIEL 3200060
- 5/1992 Tieverkon tuottamat läheisyyspalvelut. TIEL 3200061
- 6/1992 Talvihoidon päivystysjärjestelmä. TIEL 3200062
- 7/1992 Moottoriväylien kansantaloudelliset vaikutukset. TIEL 3200063
- 8/1992 Yhteenvedo TTS:n 1992 - 95 hankeperusteista. TIEL 3200064
- 9/1992 Motorledernas nationalekonomiska effekter. TIEL 3200065R
- 10/1992 Kehittämishankkeet tielaitoksen tuloksenteossa. TIEL 3200066
- 11/1992 REA-menetelmä; työnsuunnittelu- ja valvontamenettely. TIEL 3200067
- 12/1992 Moottoriliikennetien liikennevirran ominaisuudet. TIEL 3200068
- 13/1992 Aloitetointa johtamisen ja kehittämisen apuna; kirjallisuuskatsaus ja pohdinta tielaitoksen näkökulmasta. TIEL 3200069
- 14/1992 Tielaitoksen tukikohtaverkko. TIEL 3200070
- 15/1992 Pricing of Traffic Noise and Exhaust Gases in Road Planning. TIEL 3200071E
- 16/1992 Prissättning av avgaser och buller vid vägplanering. TIEL 3200072R
- 17/1992 Tienpitokoneisiin liittyvät keksinnöt. TIEL 3200073
- 18/1992 Tietullien tekniset järjestelmät. TIEL 3200074
- 19/1992 Mätning av underhållets resultat. TIEL 3200075R
- 20/1992 1980-luvulla toteutettuja taajamaita; taajamakuva- ja toimivuustarkastelu. TIEL 3200076
- 21/1992 The Effects of Motorways on the National Economy. TIEL 3200077E
- 22/1992 Quality Requirements of Prefabricated Strip Drains; Quality Control and Test Methods. TIEL 3200057E
- 23/1992 Sairaalahoitoa vaatineet loukkaantumiset liikennealueilla Suomessa vuonna 1989. TIEL 3200078
- 24/1992 Liikenne ja maankäyttö, esiselvitys. TIEL 3200079
- 25/1992 Liikenteen profiili. TIEL 3200080
- 26/1992 Tiehankkeiden yhteiskuntataloudellisen vaikutukset. TIEL 3200081
- 27/1992 Yleisten teiden liikennemelu, otantaselvitys, TIEL 3200082

ISBN 951-47-5511-1
ISSN 0788-3722
TIEL 3200083